

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**“ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL  
DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE  
CAJAMARCA, CAJAMARCA.”**

**Para optar por el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

Bach. Marianela Sofía Linares Pérez

**Asesor:**

Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada

**CAJAMARCA – PERÚ**

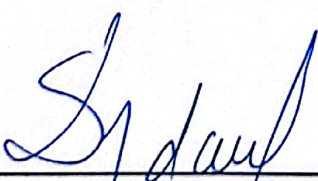
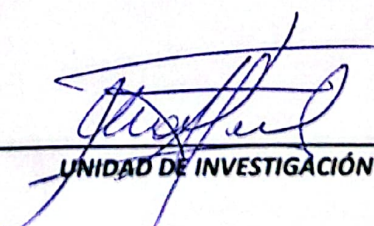
**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Marianela Sofía Linares Pérez  
**DNI:** 71468073  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
- Asesor:** Héctor Hugo Miranda Tejada  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."
- Fecha de evaluación:** 23/02/2024
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19% (diecinueve por ciento)
- Código Documento:** oid:3117:334597025
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 09/07/2024

 _____ <b>FIRMA DEL ASESOR</b> <b>Nombres y Apellidos:</b> Héctor Hugo Miranda Tejada <b>DNI:</b> 26617213	 _____ <b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b>
---	--

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer primeramente a Dios, por darme la vida, por ayudarme en cada paso que he dado, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por nunca dejarme sola a lo largo de todos estos años.

Agradecer a mis seres amados, en especial a los que creyeron en mí y me acompañaron en los momentos difíciles, impulsándome para lograr esta gran meta.

Mi agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, quienes con la enseñanza de sus conocimientos hicieron que pueda crecer como profesional en ingeniería, gracias a cada uno de ustedes por la dedicación, la paciencia, el apoyo incondicional y la amistad.

Finalmente, quiero expresar el más sincero agradecimiento al Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, quien fue mi asesor durante todo este proceso, que con su confianza, colaboración, dirección y conocimientos permitió el desarrollo de la presente tesis.

## Dedicatoria

*La presente tesis está dedicada a:*

*Mis padres José Luis y Soledad, quienes con su gran amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis grandes metas, gracias por enseñarme la perseverancia y valentía, a no tener miedo en las dificultades.*

*Mi hermana Rocío y mi sobrina Mia, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este camino, por estar a mi lado en todo momento. A mi abuelita y tías, porque con sus consejos me han acompañado en todas mis metas y sueños.*

*Finalmente, a mis amigos y compañeros, por apoyarme en los momentos difíciles y por los gratos momentos compartidos en las aulas de nuestra universidad, de corazón gracias a todos.*

## Contenido

Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras.....	xi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización del problema .....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	1
1.1.3. Formulación del problema .....	2
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Alcances o delimitación de la investigación .....	2
1.4. Limitaciones.....	3
1.4.1. Limitaciones por datos.....	3
1.4.2. Limitaciones por metodologías de análisis .....	3
1.5. Objetivos .....	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos .....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedes teóricos de la investigación.....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	4
2.1.3. Antecedentes locales.....	5
2.2. Bases teóricas .....	6

2.2.1.	Análisis hidrológico .....	6
2.2.1.1.	Precipitación.....	6
2.2.1.2.	Formación de las precipitaciones .....	6
2.2.1.3.	Medición de la precipitación .....	7
2.2.1.4.	Cálculo de la precipitación media .....	9
2.2.1.5.	Estudio de tormentas .....	10
2.2.2.	Parámetros geomorfológicos de cuencas .....	12
2.2.2.1.	Tipos de cuencas .....	12
2.2.2.2.	Caracterización de la cuenca hidrográfica: .....	13
2.2.3.	Estimación de caudales .....	14
2.2.3.1.	Método Racional .....	15
2.2.4.	Drenaje longitudinal.....	17
2.2.5.	Drenaje transversal.....	17
2.2.6.	Elementos del drenaje pluvial.....	17
2.2.7.	Camino Vecinales.....	19
2.2.8.	Clasificación de carreteras en el Perú .....	19
2.2.8.1.	Clasificación por demanda .....	19
2.2.8.2.	Clasificación por orografía.....	21
2.2.8.3.	Clasificación según el reglamento de jerarquización vial .....	22
2.1.1.	Diseño geométrico en planta.....	22
2.1.2.	Diseño geométrico en perfil.....	22
2.1.3.	Diseño geométrico de la sección transversal .....	23
2.1.	Definición de Términos Básicos .....	23
CAPÍTULO III. MATERIAL Y MÉTODO .....		25
3.1.	Descripción de la zona de estudio .....	25
3.1.1.	Ubicación política.....	25

3.1.2.	Ubicación geográfica .....	26
3.1.3.	Ubicación hidrográfica .....	26
3.1.4.	Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	27
3.2.	Procedimiento.....	28
3.3.1.	Tratamiento .....	33
3.3.2.	Análisis de datos .....	34
3.3.3.	Presentación de Resultados.....	34
3.4.	Metodología de la investigación .....	35
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		36
4.1.	Caracterización del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis .....	36
4.1.1.	Clasificación del camino vecinal .....	36
4.1.2.	Punto de inicio .....	36
4.1.3.	Punto Final.....	36
4.1.4.	Longitud.....	36
4.1.5.	Tipo de superficie de rodadura .....	36
4.1.6.	Estado de transitabilidad.....	36
4.2.	Descripción del drenaje existente.....	37
4.2.1.	Información de obras de arte existentes.....	38
4.2.2.	Inventario de Obras de arte existentes .....	52
4.3.	Análisis hidrológico .....	55
4.3.1.	Drenaje Superficial .....	55
4.3.2.	Intensidades máximas en 24 horas.....	57
4.3.3.	Distribución Gumbel.....	60
4.3.4.	Estación Augusto Weberbauer.....	61
4.3.5.	Estación Granja Porcón.....	72
4.4.	Estimación de caudales con fines de drenaje pluvial .....	80

4.4.1. Análisis de la cuenca principal .....	80
4.4.2. Cálculo de Caudales.....	83
4.4.2.1. Cálculo de coeficientes de escorrentía .....	84
4.4.2.2. Cálculo de caudal de áreas tributarias para alcantarillas.....	86
4.4.2.3. Cálculo de caudal de áreas tributarias para badenes .....	88
4.5. Evaluación del drenaje pluvial del camino vecinal.....	89
4.5.1. Evaluación de cunetas.....	89
4.5.2. Evaluación de alcantarillas .....	98
4.5.3. Evaluación de badenes.....	101
4.6. Discusión de resultados.....	103
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
Conclusiones.....	104
Recomendaciones .....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXO 01: Caracterización de taludes para coeficientes de escorrentía.....	109
ANEXO 02: Operacionalización de variables .....	117



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Coefficientes de escurrimiento que se utilizan en el método racional</i> .....	16
<b>Tabla 2.</b> Coeficientes de escorrentía método racional .....	16
<b>Tabla 3.</b> Velocidades máximas admisibles en conductos revestidos .....	17
<b>Tabla 4.</b> Coeficientes de Manning, en relación a superficie del canal.....	18
<b>Tabla 5.</b> Velocidad máxima del agua en cunetas .....	18
<b>Tabla 6.</b> Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje .....	19
<b>Tabla 7.</b> <i>Clasificación por demanda</i> .....	19
<b>Tabla 8.</b> <i>Clasificación por orografía</i> .....	21
<b>Tabla 9.</b> Coordenadas de los extremos del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis.....	26
<b>Tabla 10.</b> Datos de la microcuenca Tres Ríos.....	27
<b>Tabla 11.</b> Datos de las estaciones meteorológicas .....	28
<b>Tabla 12.</b> Alcantarillas identificadas en vía de estudio.....	38
<b>Tabla 13.</b> <i>Badenes de la vía en estudio</i> .....	45
<b>Tabla 14.</b> Cunetas de la vía en estudio.....	50
<b>Tabla 15.</b> <i>Inventario vial total</i> .....	53
<b>Tabla 16.</b> <i>Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos periodos de retorno</i>	56
<b>Tabla 17.</b> <i>Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en caminos de bajo volumen de tránsito</i> .....	57
<b>Tabla 18.</b> Datos de la estación meteorológica Augusto Weberbauer .....	57
<b>Tabla 19.</b> Datos de la estación meteorológica Granja Porcón .....	57
<b>Tabla 20.</b> <i>Precipitaciones máximas mensuales estación Augusto Weberbauer.</i> .....	58
<b>Tabla 21.</b> <i>Precipitaciones máximas mensuales estación Granja Porcón.</i> .....	59
<b>Tabla 22.</b> <i>Parámetros estadísticos para el cálculo de la función de probabilidad</i> .....	61
<b>Tabla 23.</b> <i>Intensidades máximas para diferentes duraciones.</i> .....	62
<b>Tabla 24.</b> <i>Modelo Gumbel para 5 minutos - Augusto Weberbauer</i> .....	63

<b>Tabla 25.</b> <i>Modelo Gumbel para 10 minutos - Augusto Weberbauer</i> .....	64
<b>Tabla 26.</b> <i>Modelo Gumbel para 15 minutos - Augusto Weberbauer</i> .....	65
<b>Tabla 27.</b> <i>Modelo Gumbel para 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos - Augusto Weberbauer</i> .....	66
<b>Tabla 28.</b> <i>Valor crítico de Do del estadístico Smirnov - Kolmogorov, para varios valores de N y valores de significación</i> .....	68
<b>Tabla 29.</b> <i>Prueba de bondad de ajuste para 5,10,15,30,60 y 120 minutos</i> .....	68
<b>Tabla 30.</b> <i>Modelamiento de intensidades en función de "N" y "J"</i> .....	68
<b>Tabla 31.</b> <i>Cálculo de intensidades máximas - Augusto Weberbauer</i> .....	69
<b>Tabla 32.</b> <i>Modelamiento de intensidades - Augusto Weberbauer</i> .....	70
<b>Tabla 33.</b> <i>Cálculo de Intensidades (mm/h) - Granja Porcón</i> .....	72
<b>Tabla 34.</b> <i>Modelo Gumbel para 5 minutos – Granja Porcón</i> .....	73
<b>Tabla 35.</b> <i>Modelo Gumbel para 10 minutos – Granja Porcón</i> .....	74
<b>Tabla 36.</b> <i>Modelo Gumbel para 15 minutos – Granja Porcón</i> .....	75
<b>Tabla 37.</b> <i>Modelo Gumbel Para 5, 10, 15, 30, 60, 120 Minutos</i> .....	76
<b>Tabla 38.</b> <i>Valores críticos de Do del estadístico Smirnov - Kolmogorov, para varios valores de N y valores de significación</i> .....	77
<b>Tabla 39.</b> <i>Prueba de bondad de ajuste para 5,10,15,30,60 y 120 minutos</i> .....	77
<b>Tabla 40.</b> <i>Cálculo de intensidades máximas - Granja Porcón</i> .....	78
<b>Tabla 41.</b> <i>Modelamiento de intensidades - Granja Porcón</i> .....	78
<b>Tabla 42.</b> <i>Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional</i> .....	83
<b>Tabla 43.</b> <i>Coeficientes de escorrentía por tramo de talud del camino vecinal</i> .....	84
<b>Tabla 44.</b> <i>Cálculo del tiempo de concentración para las microcuencas (Alcantarillas)</i> .....	86
<b>Tabla 45.</b> <i>Altitud media para las microcuencas (Badenes)</i> .....	86
<b>Tabla 46-</b> <i>Cálculo de caudales de aporte de las microcuencas en alcantarillas</i> .....	87
<b>Tabla 47.</b> <i>Cálculo del tiempo de concentración para las microcuencas (Badenes)</i> .....	88
<b>Tabla 48.</b> <i>Altitud media para las microcuencas (Badenes)</i> .....	88
<b>Tabla 49.</b> <i>Cálculo de caudales de aporte de las microcuencas en badenes</i> .....	88

<b>Tabla 50.</b> Evaluación de cunetas existentes por tramos.....	91
<b>Tabla 51.</b> Cálculo de capacidad de cunetas propuestas en el camino vecinal .....	95
<b>Tabla 52-</b> Evaluación de alcantarillas existentes en el camino vecinal. ....	99
<b>Tabla 53.</b> <i>Propuesta de alcantarillas para el camino vecinal.</i> ....	100
<b>Tabla 54.</b> Evaluación de badenes del camino vecinal.....	101
<b>Tabla 55.</b> Propuesta de badenes del camino vecinal.....	101
<b>Tabla 56.</b> <i>Dimensiones de badenes propuestos para el camino vecinal.</i> .....	102
<b>Tabla 57.</b> <i>Operacionalización de variables.</i> .....	117
<b>Tabla 58.</b> <i>Cuadro de estudio – Guia de analisis documentario - Sistema de drenaje pluvial</i> .....	118
<b>Tabla 59.</b> Ficha para analizar el estado del drenaje longitudinal.....	119
<b>Tabla 60.</b> Fichas para analizar el estado del drenaje transversal. ....	120
<b>Tabla 61.</b> <i>Guia de observacion 02 - L.T. Estación Total</i> .....	121
<b>Tabla 62.</b> <i>Guia de observacion 03 - L.T. GPS</i> .....	122
<b>Tabla 63.</b> <i>Software utilizados</i> .....	123

## Índice de figuras

Figura 1. Formación de la precipitación orográfica.....	7
Figura 2. Partes del Pluviómetro.....	8
Figura 3. Pluviograma.....	8
Figura 4. Polígono de Thiessen.....	9
Figura 5. Isoyetas.....	10
Figura 6. Registro pluviográfico.....	10
Figura 7. Hietograma de precipitaciones.....	11
Figura 8. Partes de la cuenca.....	13
Figura 9. Área de una cuenca.....	13
Figura 10. Elementos de una sección.....	15
Figura 11. Ubicación política del camino vecinal Cajamarca - CP Chamis.....	25
Figura 12. Ubicación geográfica del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis.....	26
Figura 13. Microcuenca Tres Ríos.....	27
Figura 14. Estación - Granja Porcón.....	28
Figura 15. Evaluación de las condiciones de la vía.....	37
Figura 16. Imagen satelital de la vía de estudio.....	37
Figura 17. Entrada y salida de alcantarilla N°01.....	39
Figura 18. Entrada y salida de alcantarilla N°02.....	40
Figura 19. Entrada y salida de alcantarilla N°03.....	41
Figura 20. Entrada y salida de alcantarilla N°04.....	42

Figura 21. Entrada y salida de alcantarilla N°05 .....	43
Figura 22. Entrada y salida de alcantarilla N°06 .....	44
Figura 23. Estado actual de badén N°01 .....	45
Figura 24. Estado actual de badén N°02.....	46
Figura 25. Estado actual de badén N°03 .....	46
Figura 26. Estado actual de badén N°04.....	47
Figura 27. Estado actual de badén N°05 .....	48
Figura 28. Estado actual de badén N°06.....	48
Figura 29. Estado actual de badén N°07 .....	49
Figura 30. Estado actual de badén N°08.....	50
Figura 31. Secciones de cunetas erosionadas.....	52
Figura 32. Secciones de cunetas sedimentadas.....	52
Figura 33. Histograma de registro histórico estación Augusto Weberbauer .....	59
Figura 34. Histograma de registro histórico estación Granja Porcón .....	60
Figura 35. Curvas IDF de la estación Augusto Weberbauer .....	71
Figura 36. Curvas IDF de la estación Granja Porcón .....	79
Figura 37. Curvas de nivel de la cuenca Tres Ríos.....	80
Figura 38. Ríos principales de la cuenca Tres Ríos .....	81
Figura 39. Fórmulas para cálculos de diferentes tipos de sección de cuneta.....	90
Figura 40. Modelamiento de badenes en HCANALES. ....	102
Figura 41. Talud del tramo Km 00+600 al Km 02+090 .....	109
Figura 42. Talud del tramo Km 02+090 al Km 02+636 .....	109
Figura 43. Talud del tramo Km 02+636 al Km 03+155 .....	109
Figura 44. Talud del tramo Km 03+155 al Km 04+025 .....	110
Figura 45. Talud del tramo Km 04+025 al Km 04+450 .....	110
Figura 46. Talud del tramo Km 04+450 al Km 05+000 .....	110

Figura 47. Talud del tramo Km 05+000 al Km 05+650 .....	111
Figura 48. Talud del tramo Km 05+650 al Km 06+085 .....	111
Figura 49. Talud del tramo Km 06+085 al Km 06+316 .....	111
Figura 50. Talud del tramo Km 06+316 al Km 06+540 .....	112
Figura 51. Talud del tramo Km 06+540 al Km 06+800 .....	112
Figura 52. Talud del tramo Km 06+800 al Km 07+040 .....	112
Figura 53. Talud del tramo Km 07+040 al Km 07+114 .....	113
Figura 54. Talud del tramo Km 07+114 al Km 07+400 .....	113
Figura 55. Talud del tramo Km 07+400 al Km 07+531 .....	113
Figura 56. Talud del tramo Km 07+531 al Km 07+765 .....	114
Figura 57. Talud del tramo Km 07+765 al Km 07+832 .....	114
Figura 58. Talud del tramo Km 07+832 al Km 08+075 .....	114
Figura 59. Talud del tramo Km 08+075 al Km 08+370 .....	115
Figura 60. Talud del tramo Km 08+370 al Km 08+460 .....	115
Figura 61. Talud del tramo Km 08+460 al Km 08+620 .....	115
Figura 62. Talud del tramo Km 08+620 al Km 09+520 .....	116

## RESUMEN

La presente tesis denominada “*Análisis hidrológico para mejorar el sistema de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, Provincia de Cajamarca, Cajamarca*”, tuvo como objetivo principal realizar el análisis hidrológico para evaluar el sistema de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis. La investigación surgió como respuesta a los problemas de transitabilidad en este tipo de caminos durante las épocas de lluvia de la zona, por lo que se evaluó el diseño del sistema de drenaje vial, según las condiciones topográficas e hidrológicas de donde se encuentra ubicado el eje de la carretera en estudio, para ello se ha considerado las máximas precipitaciones en 24 horas que ocurren a lo largo de los meses del año que generan el escurrimiento superficial en toda la red hidrográfica que cruza la vía. Finalmente, se ha concluido que el diseño de los elementos del drenaje pluvial existente, como cunetas, alcantarillas y badenes presentan deficiencias por lo que se presenta propuestas de reconstrucción de las existentes y construcción de nuevas estructuras a lo largo del camino vecinal como mejora para el sistema de drenaje del camino vecinal.

***Palabras claves:*** Análisis hidrológico, drenaje pluvial, camino vecinal, evaluación, estructuras.

## **ABSTRACT**

This thesis called “Hydrological analysis to improve the storm drainage system of the Cajamarca - C.P. local road. Chamis, Province of Cajamarca, Cajamarca”, had as its main objective to carry out the hydrological analysis to evaluate the storm drainage system of the Cajamarca - C.P. local road. Chamis. The research arose in response to the problems of passability on this type of roads during the rainy seasons in the area, so the design of the road drainage system was evaluated, according to the topographic and hydrological conditions of where the axis is located. of the road under study, for this we have considered the maximum rainfall in 24 hours that occurs throughout the months of the year that generate surface runoff throughout the hydrographic network that crosses the road. Finally, it has been concluded that the design of the elements of the existing storm drainage, such as gutters, culverts and speed bumps, present deficiencies, which is why proposals are presented for the reconstruction of the existing ones and the construction of new structures along the local road as an improvement for the local road drainage system.

**Keywords:** Hydrological analysis, storm drainage, local road, evaluation, structures.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contextualización del problema

Los fenómenos de origen climático, en especial los causados por periodos de lluvia muy prolongados, amenazan constantemente la adecuada transitabilidad en los caminos del país, las consecuencias de los daños son preocupantes, ya que hay un exceso de sobrecarga hídrica, pendientes, erosión, sedimentación y reducciones de sección del cauce vinculado al desbordamiento de agua pluvial o inundaciones.

Esta situación se agrava considerando que, en nuestro país, específicamente en la región Cajamarca, según el Sistema Nacional de Carreteras, la gran mayoría de vías existentes no están pavimentadas (89,47%), a esto se suma que el drenaje en estas vías se construye sin tomar en cuenta ningún estudio hidrológico de la zona, por lo que siempre son deficientes, y en épocas de lluvia es común transitar por caminos enlodados que obstaculizan el paso de vehículos y de personas.

El exceso de agua en la estructura de un camino, afecta las propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, presiones hidrostáticas e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial. El drenaje es imprescindible para el buen funcionamiento de un camino, pues su principal objetivo es reducir la máxima cantidad de agua que llega a este, para evitar el deterioro de la capa de rodadura y los accidentes de los usuarios.

#### 1.1.2. Descripción del problema

La deficiencia en las estructuras de drenaje para el manejo de aguas lluvias en los caminos vecinales, ya sea por su deterioro o por su reducido número, generan problemas en las vías, especialmente en temporadas de lluvia. El tramo de vía en estudio corresponde al camino vecinal Cajamarca – centro poblado Chamis, el cual es usado como vía alterna para conectar destinos turísticos como Sexemayo y Cumbemayo, además del distrito de Chetilla con la ciudad de Cajamarca, motivo por el cual se convierte en una importante ruta que sirve a los turistas y pobladores locales, es así que el buen estado de la capa de rodadura, de las obras de drenaje y de los taludes es de gran importancia para la transitabilidad.

Esta combinación de circunstancias hace especialmente necesario el diseño y la construcción de sistemas de drenaje eficientes, de cuyo desempeño dependerá, en buena medida, la calidad de la operación vial y la vida útil del camino vecinal.

Actualmente, las estructuras que conforman el drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca – centro poblado Chamis, específicamente las cunetas, alcantarillas y badenes aparentemente no tienen las dimensiones, pendientes y secciones necesarias, lo que afecta su funcionalidad y, por consiguiente, el agua de lluvia, al no ser drenada correctamente, ingresa a la capa de rodadura y daña la estructura del afirmado, causando que este camino se vuelva intransitable en épocas de lluvia, razón por la cual es necesario investigar si el sistema de drenaje pluvial del camino vecinal es adecuado para drenar las aguas de lluvia de la zona, teniendo en cuenta parámetros hidrológicos y topográficos. Así mismo, se hace necesario plantear soluciones para las deficiencias encontradas en el drenaje pluvial del camino vecinal.

### **1.1.3. Formulación del problema**

El problema que da origen a la siguiente investigación se formula así:

¿El sistema de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis, Cajamarca es adecuado?

### **1.2. Justificación de la investigación.**

El presente trabajo de investigación se justifica porque muestra la importancia de evaluar el sistema de drenaje pluvial, teniendo en cuenta la hidrología y topografía, del tramo en estudio, pues a través de los resultados que se obtengan, se conocerá si la capacidad de las estructuras de drenaje pluvial existentes, como cunetas, alcantarillas y badenes, en el camino vecinal Cajamarca al centro poblado Chamis, es suficiente para drenar completamente el agua de lluvia de la zona, debido a que en épocas de lluvia esta vía se ve afectada por enlodamientos, lo cual entorpece el transporte de pasajeros, carga y desplazamiento de vehículos particulares por actividades laborales o de turismo. Además, con el desarrollo del presente trabajo se podrá identificar la necesidad de construcción de nuevas obras de drenaje pluvial, por la insuficiencia de las existentes, con la finalidad de mejorar el estado de conservación de la capa de rodadura del camino vecinal en estudio.

### **1.3. Alcances o delimitación de la investigación**

Este estudio cuenta con un alcance geográfico que se considera para el camino vecinal Cajamarca al centro poblado Chamis, en el distrito de Cajamarca. Así mismo sobre el alcance temporal, se ha realizado el presente estudio en los últimos meses del año 2023.

Este estudio tiene delimitaciones en cuanto a la muestra ya que se ha circunscrito a un camino vecinal de un centro poblado y no puede generalizarse a otros caminos vecinales de diferentes centros poblados.

#### **1.4. Limitaciones.**

##### **1.4.1. Limitaciones por datos**

Falta de información actualizada referente a los datos hidrológicos de una estación meteorológica en el lugar, por lo cual se utilizó la data de otras estaciones cercanas al caso de estudio para la recolección, procesamiento y cálculos de las precipitaciones pluviales.

##### **1.4.2. Limitaciones por metodologías de análisis**

Debido a que existe más de un método de análisis para determinar el resultado de las intensidades máximas, es probable que el método escogido para estimar el caudal de las microcuencas resulte no ser totalmente confiable.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Realizar el análisis hidrológico para evaluar el sistema de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, Cajamarca.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Describir el sistema de drenaje pluvial existente en el camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.
- Caracterizar el camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.
- Realizar el levantamiento topográfico del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.
- Estimar el caudal de aporte de las áreas tributarias con fines de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.
- Evaluar el sistema de drenaje pluvial existente en el camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedes teóricos de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Coral y Carlosama (2021) realizan un diagnóstico del diseño, capacidad y funcionamiento del sistema de drenaje en un segmento de carretera ubicado en el sector El Rodeo - Colombia, describiendo las condiciones operativas actuales. Los datos de campo, junto con la información digital, se procesaron mediante cálculos matemáticos y el uso de AutoCAD y ArcGIS, revelando el nivel de manejo de las aguas pluviales por parte de las estructuras de drenaje. Esta información se comparó con los cálculos obtenidos al incorporar los factores hidrológicos de esta región en estudio, como el periodo de retorno, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de la lluvia (curvas IDF). Se concluyó que las estructuras existentes están sobredimensionadas para la operación de drenaje a la que están sometidas por sus áreas aferentes y los factores climáticos propios de la región.

Otálvaro (2016) menciona los distintos métodos utilizados en el diseño hidráulico e hidrológico de obras de drenaje menor y mayor, se distinguen entre los utilizados en nuevos diseños de carreteras y los utilizados en la ampliación o renovación de vías existentes. Del mismo modo se propone una zanja cubierta con sacos de barro-cemento con una sección triangular de anchura inferior a la recomendada por INVIAS, y así no pierda la capacidad hidráulica necesaria para transportar los caudales típicos de la meseta de Antioquia.

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Llanos (2021), en su informe “Análisis del comportamiento hidráulico del sistema drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal de Ayaviri, Puno – 2021”, donde su finalidad fue analizar el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje, el estudio de tipo aplicada y no experimental, de acuerdo a los datos tomados ante una lluvia inmensa se propuso el diseño de un pontón para un tiempo de retorno de 100 años y de este modo el lugar presente un drenaje correcto.

Rodríguez (2020), en su estudio “Estudio de hidrología y drenaje para el mejoramiento del camino vecinal en la localidad de Pacahuara” plantea como objetivo estudiar el diseño hidrológico y de drenaje para el mejoramiento del servicio del camino vecinal, así mismo evaluar la situación actual de las obras de drenaje existentes. Los resultados concluyen en reemplazar 2 alcantarillas, además proyectar 4 alcantarillas y realizar el mantenimiento de 7

puentes y en el drenaje longitudinal se proyecta 790 metros lineales de zanja sin capa de revestimiento.

Sánchez y Angulo (2018), plantea como objetivo de su investigación determinar el diseño del sistema de manejo de aguas del camino vecinal. Los resultados mostraron que según el diseño no son mayores que las 6 hectáreas, por lo que se considera subcuencas o cuencas pequeñas donde las precipitaciones se concentran en 6 horas o menos siendo parámetro mínimo en base al manual de diseño de caminos no pavimentados de menor tránsito, por lo que se concluye que todas las alcantarillas proyectadas son menor a 36 pulgadas de diámetro y este diámetro resulta ser accesible comercialmente así mismo se debe realizar el adecuado mantenimiento debido a su estado de intransitabilidad.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Coronel (2021), en su informe “Evaluación de la red de drenaje pluvial en el distrito de Yauyucan, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca 2019” tiene como objetivo evaluar la condición actual del sistema pluvial a través del análisis hidrológico, hidráulico, y la simulación hidráulica. La investigación tiene un diseño no experimental a nivel descriptivo. Los resultados indican que las precipitaciones están hasta 9.66 mm, así mismo el 33.3% de las vías presentan cunetas ineficientes que no drenan la escorrentía, la observación descriptiva estimó que el 53.1% de la condición actual tiene daños por la inexistencia de mantenimiento y la simulación hidráulica identificó que una calle resulta ser la más vulnerable, se concluye como soluciones una nueva construcción de las cunetas hasta la modificación del drenaje superficial a alcantarillado.

Caballero (2016) llevó a cabo un estudio hidrológico para el drenaje longitudinal y transversal de la carretera San Marcos, tramo I (Km 58+770 a 75+450), en Cajabamba, Cajamarca. El objetivo era determinar el caudal de las máximas avenidas utilizando un hidrograma unitario, el método racional y un programa desarrollado en MATLAB para respaldar las capacidades hidráulicas de las estructuras existentes. Se realizaron fórmulas para el diseño hidráulico para diferentes secciones de alcantarillas, cunetas, badenes, pontones, puentes y subdrenajes. Para determinar la luz adecuada y el tirante máximo en los puentes y pontones, se utilizó el programa HEC-RAS 4.10. Para determinar las áreas de drenaje utilizó el modelamiento con SIG (ArcGIS 10.2 y otros).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Análisis hidrológico**

Estudio cuantitativo y cualitativo de las relaciones pluviométricas correspondiente a una cuenca específica donde se obtiene sus registros hídricos, esto incluye las precipitaciones, intensidades, periodos de retorno, duración, escurrimientos, hidrogramas, máximas avenidas, pendiente, entre otros; con el fin de establecer métodos de estimación de caudales de diseño que permita aportar con el diseño de sistemas de drenaje proyectados para carreteras (Lahdou et al., 2019).

#### **2.2.1.1. Precipitación**

Es cualquier tipo de humedad que tiene inicio en las nubes para luego ser descargas en la superficie terrestre a manera de chubascos, lluvia, granizo, nieve o escarcha. Hidrológicamente la precipitación junto a la evaporación juega un rol esencial en el ciclo hidrológico ya que logran la interacción atmosférica con las aguas superficiales. Los océanos son una de las principales fuentes de humedad por lo que con la ayuda de la evaporación se forman las nubes que con ayuda de los vientos son llevadas a distintos lugares donde se generarán precipitaciones gracias a la aglomeración de partículas que se produce en la atmosfera.

El SENAMHI clasifica en el Perú a las precipitaciones según su intensidad en:

- Débil o ligera Intensidad: Inferior a 1.5 mm, en la que se puede trabajar al aire libre.
- Ligera Intensidad: De 1.6 a 3.0 mm, en la que se pueden realizar trabajos al aire libre, pero con dificultad.
- Moderada Intensidad: De 3.2 a 9 mm, en la que no es factible operar en el exterior.
- Alta Intensidad: De 9.1 a 36 mm, es casi difícil realizar cualquier tipo de trabajo.
- Alta Intensidad: De 36.1 a 100 mm, en la que es perjudicial intentar realizar cualquier forma de trabajo al aire libre.

#### **2.2.1.2. Formación de las precipitaciones**

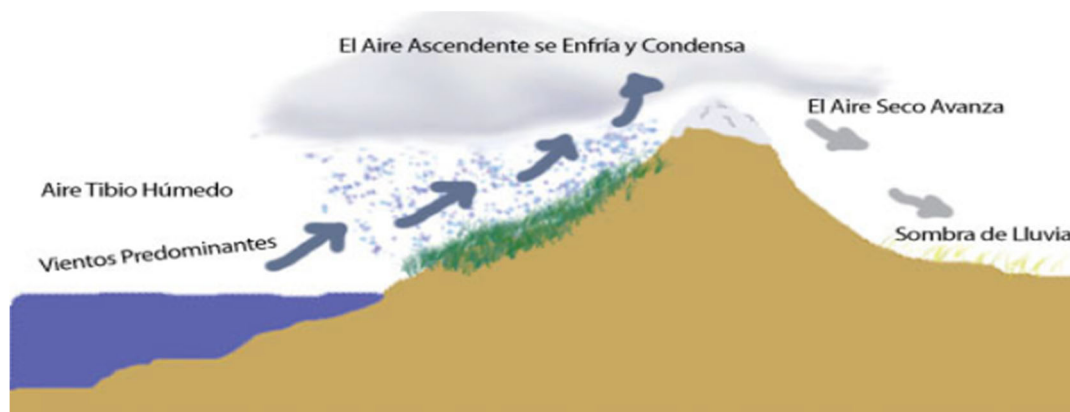
La producción de precipitación proviene del hecho de que grandes masas de aire ascienden hasta alturas que logren el enfriamiento para lograr tres condiciones: condición de saturación, transición de vapor a sólido o líquido, y el desarrollo de gotas microscópicas que facilita su caída. Debido a las primeras dos condiciones se constituyen las nubes, pero no garantiza que se produzcan precipitaciones ya que para la formación de gotas se requiere de núcleos de condensación que están formados por aire o cristales de sal para que así se formen

pequeñas gotas de 0.002 mm y luego aumente un millón de veces su volumen hasta tener un diámetro de 0.5 a 2 mm, este aumento se atribuye a los siguientes fenómenos.

- Engrosamiento de una gota por condensación y fusión de otras.
- Atracción entre las gotas que forman las nubes.
- Micro turbulencia dentro de la masa nubosa

El enfriamiento de una masa de aire para crear precipitación puede ocurrir en tres métodos distintos, que pueden clasificarse como:

- **Precipitación de convección:** Surge cuando la masa de aire caliente asciende debido a que pesa menos que el aire frío. El diferencial de temperatura es la consecuencia de un calentamiento que se produce en la capa superficial del aire. Este tipo de precipitación vienen acompañadas de relámpagos y truenos y se producen en lugares que presenten un clima tropical.
- **Precipitación ciclónica:** Se crean en enfrentamientos de masas de aire de diferente temperatura provocando que las nubes que contienen aire caliente sean sometidas a presiones altas generando así condensación y finalmente las precipitaciones.
- **Precipitación orográfica:** Su formación se origina en las cadenas montañosas debido a que el vapor de agua que surge del mar es arrastrado por el viento y es elevada a grandes distancias encontrando condiciones para su condensación y originar lluvias



**Figura 1.** Formación de la precipitación orográfica.

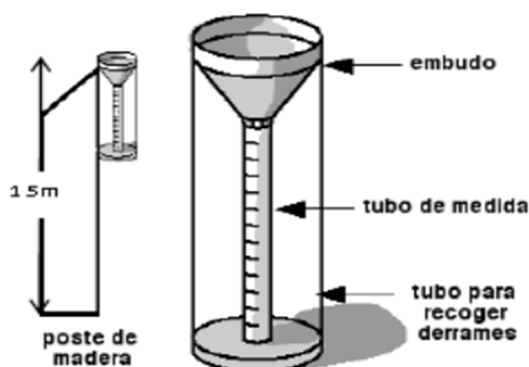
**Fuente:** Extraído de Llanos, 2021

### 2.2.1.3. Medición de la precipitación

La precipitación es medida en base a la altura de agua y su unidad son los milímetros. Esta medida refleja la altura que alcanzaría el agua respecto a una superficie plana que no sea

permeable. La precipitación se mide mediante el uso de dispositivos de medición especificados por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), clasificándose en:

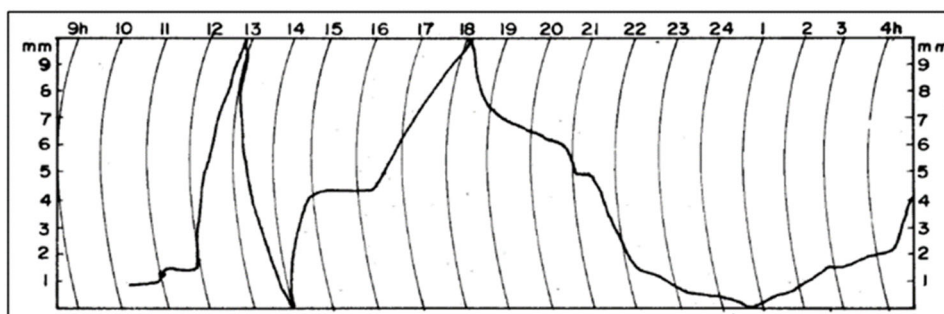
- **Pluviómetro:** El pluviómetro convencional del Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU tiene un colector con un diámetro de 20.3 cm y una altura de 60 cm. Esto permite la precipitación sea medida por su altura en el tubo de medición, con una precisión de décimas de milímetros, debido a que cada centímetro medido en el tubo es un milímetro de altura de la precipitación. Este pluviómetro se suele utilizar para medir la precipitación diaria y normalmente se utiliza para realizar una medición cada 24 horas.



**Figura 2.** Partes del Pluviómetro.

**Fuente:** Otalvaro, 2016

- **Pluviógrafo:** Se trata de un registro de alturas de las precipitaciones en un tiempo, lo que permite estimar la intensidad de las precipitaciones, de mucha relevancia para la construcción de sistemas hidráulicos. Los pluviómetros que tienen representación cilíndrica y su embudo receptor están dentro de un sistema de flotadores son los más comunes, ya que provocan que una aguja registre mediante el movimiento en un papel, dicho registro se hará de manera continua a través del reloj. El gráfico se denomina pluviograma.



**Figura 3.** Pluviograma.

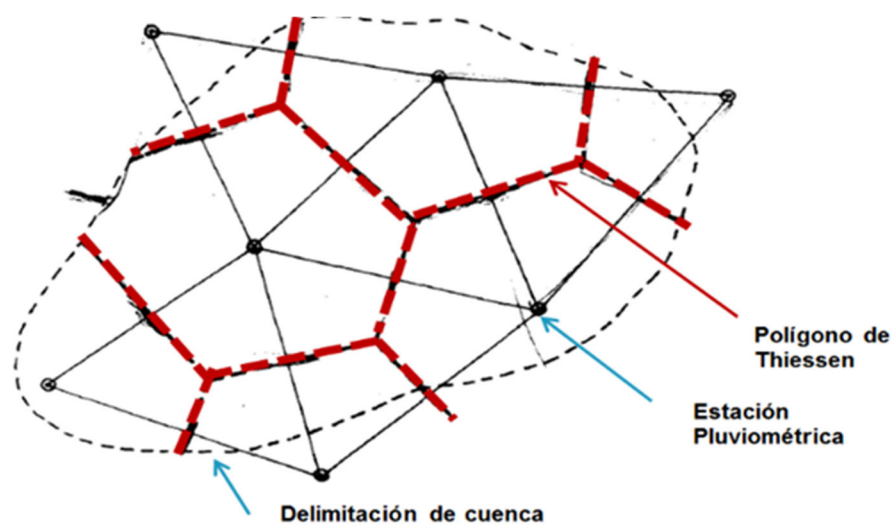
**Fuente:** Rodríguez, 2020



#### 2.2.1.4. Cálculo de la precipitación media

Para llevar a cabo operaciones hidrológicas se necesitan datos que se hayan registrados en campo, como la altura que logró la precipitación en una región, que recogen los pluviómetros. Sin embargo, este dispositivo mide las precipitaciones que caen exclusivamente en un punto y varían con respecto a las que se producen en la región circundante. Hay tres métodos para determinar las precipitaciones de una cuenca.

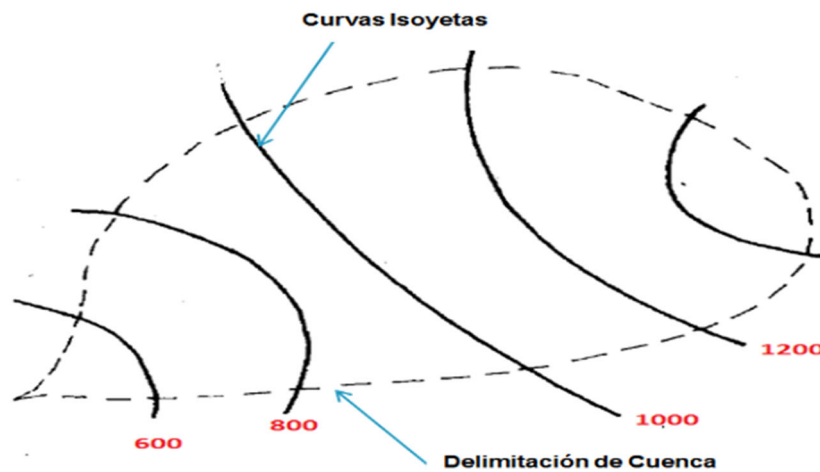
- **Promedio Aritmético:** Este enfoque se basa en el cálculo de la precipitación media en una región. Para ello, se emplea una media aritmética del registro de alturas que logró el agua debido a las precipitaciones comunicadas por las estaciones situadas en la región de efecto. Este enfoque proporciona resultados precisos, basados en el número de estaciones disponibles en la región, la forma en que están situadas y la dispersión de las precipitaciones investigadas.
- **Polígono de Thiessen:** Se usa cuando las estaciones no presentan una distribución uniforme dentro del área a estudiar. Entonces hay que especificar la zona de impacto de cada estación cercana trazando líneas que las unan, dichas líneas se bisecan entre si con perpendiculares considerando toda la región comprendida dentro de las limitaciones producidas por la unión de las perpendiculares experimentado la misma cantidad de precipitación que la estación. Utilizando la superficie contenida por cada pluviómetro y relacionándola con la superficie total de la cuenca, se calcula la precipitación media de cada estación y se genera la precipitación media a partir y se genera la precipitación media a partir de una media ponderada.



**Figura 4.** *Polígono de Thiessen.*

**Fuente:** Rodríguez, 2020

- **Método de las Isoyetas:** Son curvas que unen a precipitaciones iguales a través de puntos mediante la interpolación de datos obtenidas de estaciones pluviométricas cercanas. Cuando se elabora el plano de isoyetas, se determina el área entre la curva y se multiplica por la precipitación media entre isoyetas consecutivas. La suma de todos los productos dividida por la superficie total de la región investigada da a la precipitación media como resultado.

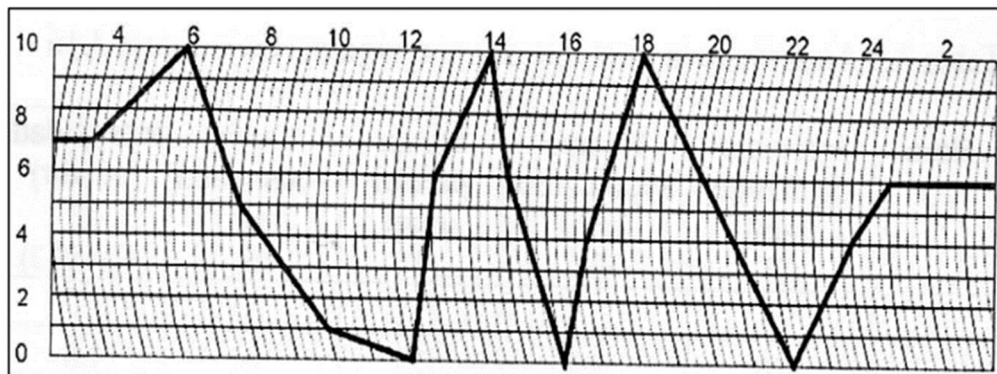


**Figura 5.** Isoyetas.

Fuente: Rodríguez, 2020

### 2.2.1.5. Estudio de tormentas

Es el grupo de precipitaciones que cumplen a un mismo cambio meteorológico y con caracteres bien definidas. Asimismo, la tormenta varía desde minutos hasta días. Se pueden extender desde pequeñas áreas hasta grandes regiones. El análisis de tormentas está conectado con el resultado o investigación realizada previamente al diseño de obras de ingeniería. Es por ello que la obra depende de la gravedad en que presentan las tormentas y la frecuencia de esta.



**Figura 6.** Registro pluviográfico.

Fuente: Rodríguez, 2020

### Elemento para el análisis de tormentas

Al evaluar una tormenta, se debe examinar los siguientes aspectos:

- **Intensidad:** Es la cantidad de agua que produce la lluvia en concluyente tiempo. Por lo que se estima la mayor intensidad ya que es lo que tiene mayor relevancia en una tormenta originada, es decir, la mayor altura de agua por un determinado tiempo (mm/h).
- **Duración:** Es el lapso de periodo acontecido desde el inicio hasta el final de una tormenta (minutos u horas). Es de suma importancia para poder determinar las intensidades máximas.
- **Frecuencia:** Número de veces que se repite una tormenta con gravedad y duración larga (años).
- **Periodo de retorno:** Es el periodo de tiempo medio durante el cual un suceso de tamaño “x” puede ser superado o igualado, al menos una vez de media. Viene a ser la inversa de la frecuencia.

### Hietograma y curva masa

Para que los diseños hidrológicos, sea crucial conocer cómo es el comportamiento de estas tormentas, ya que pueden surgir desviaciones que es sumamente importante conocer. El hietograma se presenta de manera gráfica que muestra los cambios de intensidad (mm/hora) de una tormenta, en el lapso de la misma mencionada en horas o minutos. Utilizando el hietograma es bastante sencillo identificar el momento que las precipitaciones fueron de mayor intensidad pudiendo observar su valor. Se suele representar en forma de histograma.



Figura 7. Hietograma de precipitaciones.

Fuente: Rodríguez, 2020

### Curvas I – D – F.

Se originan al combinar los resultados de la intensidad media, duración y frecuencia.

Cabe señalar que cuando cada estación cuenta con un solo pluviómetro, es claro que en general sólo se puede conocer la intensidad de lluvia promedio de 24 horas. En consecuencia, esta información puede dar lugar a imprecisiones por defecto, ya que los chubascos de corta duración son, en general, los intensos. Por consiguiente, sea conseja que la evaluación de las intensidades de las precipitaciones se determine a partir de la información proporcionada por los pluviómetros.

### **2.2.2. Parámetros geomorfológicos de cuencas**

Braz et al. (2020), señala que las características o parámetros geomorfológicos de una cuenca hidrográfica se determinan a partir de su ubicación geográfica con sus coordenadas respectivas además que estos parámetros tienen una relación importante con el comportamiento de la esorrentía que fluye por dicha cuenca, sin embargo, no se garantiza que los datos geomorfológicos determinados tengan la misma escala, por lo tanto se incrementa el nivel de incertidumbre sobre la confiabilidad de dichos parámetros.

#### **2.2.2.1. Tipos de cuencas**

La cuenca puede dividirse en tres tipos ya sea según la gestión del recurso hídrico, por la forma del suelo o por la presencia humana (Puelles, 2015).

- **Cuenca alta:** Estas cuencas se encuentran en las regiones montañosas donde las precipitaciones se producen en alta intensidad. En esta región la temperatura es bajas, la estabilidad es nula y hay una gran generación de sedimentos sólidos (Puelles, 2015).
- **Cuenca media:** se encuentra entre la cuenca baja y alta, esta región es favorable para desarrollar la actividad productiva. También es el sitio donde convergen las aguas recogidas en los tramos superiores así mismo en esta zona los ríos principales mantienen un curso definido (Puelles, 2015).
- **Cuenca baja o zonas transicionales:** Situada en tierras bajas especialmente cerca del océano. Se define por la aparición de condiciones de sequía o inundación. Esta zona refleja las consecuencias de las medidas llevadas a cabo en las cuencas aguas arriba (Puelles, 2015).



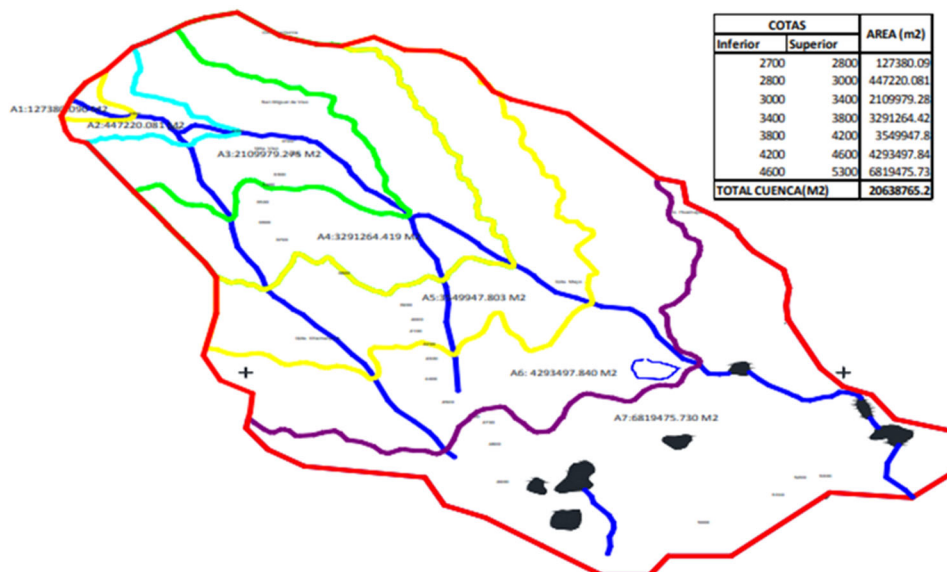
**Figura 8.** Partes de la cuenca

Fuente: *Extraído de Braz et al., 2020*

#### 2.2.2.2. Caracterización de la cuenca hidrográfica:

Las cuencas describen factores según su forma y geometría, afectando al comportamiento del flujo de agua. Estos parámetros son los siguientes (Puelles, 2015).

- **Área de la Cuenca (A):** Es la región proyectada de manera horizontal del área total de drenaje de una cuenca, donde este rasgo geomorfológico es el más esencial porque determina directamente cuánta agua puede generar la cuenca y por lo tanto el volumen de los caudales (Puelles, 2015).



**Figura 9.** Área de una cuenca.

Fuente: *Extraído de Braz et al., 2020*

- **Perímetro de la Cuenca (P):** Es el contorno de la cuenca proyectado sobre un plano de manera horizontal, teniendo mayormente una representación irregular y se adquiere tras delimitar la cuenca. Esta propiedad determina el periodo de concentración de la cuenca (Puelles, 2015).
- **Longitud del río principal (L):** Distancia que existe desde la cota superior hasta la cota inferior del río principal y que cruza la curva de nivel de la cuenca (Puelles, 2015).
- **Ancho Medio (W):** Es la conexión que existe entre el área de la cuenca con la longitud de la cuenca (Puelles, 2015).
- **Coefficiente de compacidad (Kc):** Es la conexión que hay entre el perímetro de la cuenca con el perímetro de una circunferencia cuya área corresponde al área de una cuenca, y que corresponde al área de la cuenca considerada. Si el valor de  $K_c$  es igual a 1, esto implica que la cuenca es circular, con mayor probabilidad de inundación ya que los periodos de concentración serán los mismos en todas las localidades. Si, en cambio, el valor de  $K_c$  es inferior a 1, la cuenca tiende a ser corta. Si es mayor a 1, la cuenca se alarga y disminuye la posibilidad de que quede totalmente cubierta por una tormenta, cambiando el comportamiento del río (Puelles, 2015).
- **Factor de Forma (Kf):** Es la conexión del ancho medio de la cuenca obtenido dividiendo la superficie de la cuenca con la longitud de agua más largo ( $A_m$ ) y la longitud del curso de agua más largo. Si  $K_f > 1$ , hay más probabilidades de que se produzca una tormenta intensa que abarque toda la longitud de la cuenca. (Puelles, 2015).
- **Perfil longitudinal del curso de agua:** Es la representación gráfica de un cauce donde se detallan sus elevaciones según las curvas de nivel, con la finalidad de conocer las pendientes para realizar proyectos hidráulicos (Puelles, 2015).
- **Pendiente del Cauce Principal (S):** Determina la velocidad de la escorrentía superficial, dictando así el tiempo que tarda la precipitación en escurrirse por el lecho fluvial que forman la red de drenaje. Se calcula evaluando la diferencia de elevación entre el punto más alto del río y el punto más bajo dividida por la longitud del cauce principal (Puelles, 2015).

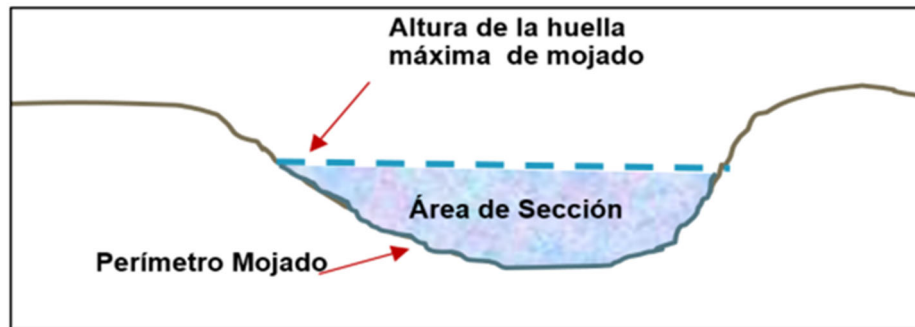
### 2.2.3. Estimación de caudales

La estimación de caudales en una cuenca hidrográfica es importante para la captación y gestión del recurso hídrico, así como para el dimensionamiento de las obras de infraestructura hidráulica. En ese sentido para la estimación de caudales, se necesita información estadística histórica de precipitaciones, niveles de escorrentía superficial, así

como también la información de los parámetros relacionados con la morfometría y geometría de la cuenca (Álvarez y Guerra, 2021).

### Método directo

En este método el caudal se calcula posteriormente al paso de una avenida con datos que se han obtenido en campo: sección transversal del río, pendiente, y coeficiente de rugosidad ( $n$ ).



**Figura 10.** Elementos de una sección.

**Fuente:** Cubides y Santos, 2018.

### Método empírico

Existe una amplia gama de enfoques empíricos que se desarrollan típicamente a partir del método racional, en el cual sólo actúan el tamaño de la cuenca y un coeficiente de escurrimiento.

Existen diferentes métodos entre el cual se menciona:

#### 2.2.3.1. Método Racional

Consiste en un método empírico que trata de aplicar la siguiente ecuación, que establece que la descarga es igual a un porcentaje de las precipitaciones multiplicado por la superficie del afluente:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Siendo:

$Q$  = Caudal ( $m^3/seg$ )

$C$  = Coeficiente de escorrentía

$I$  = Intensidad de la precipitación, conveniente al tiempo de concentración, en  $mm/hora$ .

$A = \text{Área a drenar en Km}^2.$

Esta ecuación se basa en hipótesis fundamentales como:

- La intensidad de precipitación es uniforme en el espacio y no varía en el tiempo.
- La duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad  $I$  es equivalente al tiempo de concentración de la cuenca ( $t_c$ ).
- El coeficiente de escorrentía se mantiene uniforme en el tiempo y en el área drenante considerada.

**Tabla 1.** *Coefficientes de escurrimiento que se utilizan en el método racional*

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Pavimentación de concreto bituminoso	0.80-0.90
Caminos de grava textura abierta	0.40-0.60
Tierra desnuda	0.20-0.80
Praderas de césped	0.10-0.40
Campos cultivados	0.20-0.40
Arenas de bosques	0.10-0.20
Ligeramente permeables	0.15-0.40
Suelos permeables	0.05-0.10

*Fuente:* Hidrología Estadística, Máximo Villón

**Tabla 2.** *Coefficientes de escorrentía método racional*

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA > 50%	ALTA > 20%	MEDIA > 5%	SUAVE > 1%	DESPRECIABLE < 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

*Fuente:* Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC 2014)



### 2.2.4. Drenaje longitudinal

Este es el responsable de gestionar el flujo de agua que se desplaza a lo largo del camino y de los taludes, con el objetivo de prevenir la disminución de su durabilidad, estabilidad y transitabilidad. Este sistema de drenaje longitudinal debe considerar el periodo de retorno para la estimación del flujo de diseño, así como la velocidad máxima de las aguas que fluyen, la cual depende de la pendiente longitudinal de la ruta. Asimismo, debe tener en cuenta el riesgo de obstrucción para facilitar el mantenimiento de las estructuras de drenaje debido a la obstrucción que generan los cuerpos sólidos. Este sistema se compone de estructuras de drenaje que se construyen en paralelo a la carretera, como zanjas, cunetas, bordillos y canales de drenaje (Yunianta y Setiadji, 2019).

### 2.2.5. Drenaje transversal

Su propósito es drenar adecuadamente el agua de la superficie que atraviesa la infraestructura vial, canalizándola a través de conductos artificiales o naturales de forma permanente o temporal, donde el cruce se realiza perpendicularmente al camino para proteger la integridad y estabilidad de la carretera. En esencia, la alcantarilla es el componente clave del drenaje transversal como estructura de corto alcance. El drenaje transversal está compuesto por obras que atraviesan la vía, donde se establece la sección hidráulica adecuada para facilitar el flujo libre de agua y sólidos que fluyen en los cauces naturales y desviarlos sin dañar el camino o el entorno (Yunianta y Setiadji, 2019).

Se debe tener en cuenta la velocidad, parámetro que es necesario verificar de tal manera que se encuentre dentro de un rango, cuyos límites se describen a continuación.

**Tabla 3.** *Velocidades máximas admisibles en conductos revestidos*

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (M/S)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC 2014)

### 2.2.6. Elementos del drenaje pluvial

#### Cunetas:

Estructura hidráulica, que se ubican a los costados de las vías de pavimentación, mayormente en vías de pavimento flexible es donde se observa, despejado a la conducción de aguas pluviales (NT.CE.040, 2021).

Hay diferentes tipos de cunetas según su sección geométrica transversales:

- ✓ Cunetas Segmental
- ✓ Cuneta de Grama
- ✓ Cuneta triangular
- ✓ Cuneta de cantos rodados
- ✓ Cuneta rectangular
- ✓ Cuneta Trapezoidal
- ✓ Cuneta Asfálticas

Un análisis de la capacidad de la cuneta está en relación a la pendiente, rugosidad del material y sección transversal con la cual se ira a construir, para ello dicha capacidad se calcula con una formula conocida: ecuación de Manning.

**Tabla 4.** *Coefficientes de Manning, en relación a superficie del canal*

Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

**Fuente:** *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito-MTC*

Según el MTC (2008) se puede considerar que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en la Tabla 5 en función de la naturaleza de dicha superficie:

**Tabla 5.** *Velocidad máxima del agua en cunetas*

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

**Fuente:** *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito-MTC*

El MTC (2014) recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible en obras de drenaje:

**Tabla 6.** *Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje*

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

**Fuente:** *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC 2014)*

### 2.2.7. Caminos Vecinales

Según el INEI (2017), un camino vecinal se refiere a un camino carrozable que forma parte del sistema vial vecinal y que proporciona acceso a las áreas pobladas, caseríos o propiedades rurales. Estos caminos suelen soportar un tráfico vehicular bajo y generalmente son caminos o vías afirmadas.

### 2.2.8. Clasificación de carreteras en el Perú

#### 2.2.8.1. Clasificación por demanda

**Tabla 7.** *Clasificación por demanda*

<b>Autopistas</b>	<b>Autopistas de Primera Clase</b>	<p>Son carreteras con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMDA mayor a 6 000 veh/día.</li> <li>• Calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m.</li> <li>• Cada calzada debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.</li> <li>• Control total de accesos (ingresos y salidas).</li> <li>• Sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.</li> <li>• La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.</li> </ul>
	<b>Autopistas de Segunda Clase</b>	<p>Son carreteras con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMDA entre 6000 y 4001 veh/día.</li> <li>• Calzadas divididas por medio de un separador central de 6.00 m hasta 1.00 m.</li> <li>• Cada calzada debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.</li> <li>• Control parcial de accesos (ingresos y salidas).</li> <li>• Pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.</li> <li>• La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.</li> </ul>
<b>Carreteras</b>	<b>Carreteras de Primera Clase</b>	<p>Son carreteras con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMDA entre 4000 y 2001 veh/día.</li> <li>• Una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.</li> <li>• Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial.</li> <li>• La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.</li> </ul>
	<b>Carreteras de Segunda Clase</b>	<p>Son carreteras con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMDA entre 2000 y 400 veh/día.</li> <li>• Una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.</li> <li>• Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial.</li> <li>• La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.</li> </ul>

	<b>Carreteras de Tercera Clase</b>	<p>Son carreteras con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMDA menores a 400 veh/día.</li> <li>• Una calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo.</li> <li>• Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas.</li> </ul>
<b>Trochas Carrozables</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera</li> <li>• IMDA menor a 200 veh/día.</li> <li>• Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.</li> <li>• La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar</li> </ul>

**Fuente:** *Manual de diseño geométrico- DG 2018*

### 2.2.8.2. Clasificación por orografía

**Tabla 8.** *Clasificación por orografía*

<b>Terreno plano (tipo 1)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras.
<b>Terreno ondulado (tipo 2)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios.
<b>Terreno accidentado (tipo 3)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras.
<b>Terreno escarpado (tipo 4)</b>	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras.

**Fuente:** *Manual de diseño geométrico - DG 2018*

### **2.2.8.3. Clasificación según el reglamento de jerarquización vial**

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) se jerarquiza en las siguientes tres redes viales: Red vial nacional, Red vial departamental o regional y Red vial vecinal o rural, según los criterios señalados en el artículo 8º del Reglamento de Jerarquización Vial.

- Red Vial Nacional. - Corresponde a las carreteras, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), de importancia nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales. Sirve como elemento receptor de las carreteras departamentales o regionales y de las carreteras vecinales o rurales.
- Red Vial Departamental o Regional. - Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la Red vial nacional con la red vial vecinal o rural.
- Red Vial Vecinal o Rural. - Constituida por las carreteras que forman la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstos entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional.

### **2.1.1. Diseño geométrico en planta**

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018) señala que el diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, se compone de tramos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que facilitan una transición fluida al pasar de tramos rectos a curvas circulares o a la inversa, o también entre dos curvas circulares de diferente curvatura. El alineamiento horizontal debe permitir el funcionamiento continuo de los vehículos, intentando mantener la misma velocidad de diseño en la mayor extensión de carretera posible.

### **2.1.2. Diseño geométrico en perfil**

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018) indica que el diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, se compone de una serie de líneas rectas unidas por curvas verticales parabólicas, a las cuales estas líneas rectas son tangentes. En su desarrollo, la dirección de las pendientes se determina según el progreso del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un incremento de cotas y negativas las que resultan en una disminución de cotas.

### 2.1.3. Diseño geométrico de la sección transversal

Para la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018), el diseño geométrico de la sección transversal se refiere a la representación de los componentes de la carretera en un plano de corte vertical perpendicular al alineamiento horizontal. Este diseño permite establecer la ubicación y las dimensiones de estos componentes en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

### 2.1. Definición de Términos Básicos

**Drenaje pluvial:** Es el grupo de estructuras que forman los pozos, colectores, resumideros, construidos con material de concreto en donde el flujo fluye libremente producto de precipitaciones que impide que se ocasionen o puedan surgir inundaciones en viviendas, edificios o carreteras (Xue, 2020).

**Estimación de la estructuración de drenaje pluvial:** Se refiere a una investigación adoptando implicar expresiones de juicio en base, teniendo documentación, datos en base al sistema de drenaje pluvial con el objetivo de realizar una mejora (Manual-MTC, 2011).

**Colector:** Dicho drenaje se forma por un grupo de subcolector y colectores, su principal objetivo evacuar la escorrentía por motivos de altas precipitaciones y que son transportados como flujo natural (NT.CE.040, 2021).

**Alcantarilla:** Dicha estructura tiene una medición menor a 6.0 m, que tiene como función evacuar el flujo superficial que se obtiene producto de cursos naturales o artificiales que atraviesan la vía.

**Pendiente longitudinal:** se tiene la idea que debe seguir la misma dirección de la corriente, pero de acuerdo a parámetros de proyecto se desplaza con estructuras adicionales (Manual-MTC, 2011).

**Baden:** Son estructuras con alternativas adecuadas cuando los niveles de la rasante en una carretera concuerdan con el nivel del fondo del cauce del flujo natural. Asimismo, tiende a fácilmente pasar flujos de sólidos sueltos que se presenta con mucha intensidad en precipitaciones altas. y a la vez son menos costos que enormes alcantarillas, por consiguiente, no son susceptibles de obstruirse (Manual MTC, 2008).

**Aguas pluviales.** Estas provienen de precipitaciones, que tiene como origen en las nubes formadas en el mar cuando estas reciben una acumulación de temperatura elevado, su medición está dada en Litros/Seg., las intensidades van de bajas a torrenciales, en esta última, provoca

descargas o caudales muy elevados, y escurren en la superficie del terreno, donde provoca un flujo de sólidos (García, 2018).

**Sistema de drenaje pluvial.** Grupo de accesorios como colectores, inhalaciones sanitarias que recoge el agua de precipitaciones pluviales la cual estos aparatos ayudarán a verter correctamente para no causar daño alguno de materiales o la vida

**Cuneta.** Componente o estructura hidráulica de aspecto abierto que está ubicado mayormente en las esquinas de la calzada o bordes, pueden ser continuas o regulares.

**Escorrentía.** Parte de un proceso que proviene de precipitaciones y fluye en corrientes a la superficie, estas pueden ser ligeras o mucha intensidad.

**Precipitaciones.** Etapa de un procedimiento hidrológico la cual se vincula con la caída del agua proveniente de la atmosfera, la causa, temperaturas altas, mayormente en épocas de verano.

**Inundaciones.** Es un tipo de desastre natural más consecuente y dañino en el planeta.

**Drenaje pluvial.** Es una estructura en específico que sirva para el transporte, recolección, almacenamiento y evacuación del agua pluvial.

**Camino vecinal.** Área geográfica que de un proyecto que vincula centros poblados y áreas productivas.

**Cuenca.** Territorio la cual sus aguas producto de las precipitaciones escurren todo hacia un mismo rio o lagos o mar.

**Perfil longitudinal.** Proyección en plano de un estudio de terreno relacionado con sus cotas, distancias. O conocido como altimetría de un itinerario.

**Agua pluvial.** Aguas de lluvia que precisamente no son absorbidas por el suelo, mayormente escurren de calles, avenidas, viviendas, etc.

**Alcantarilla.** Tipo de estructura, pero subterránea que sirve para la evacuación dar paso de aguas residuales y aguas pluviales.

**Intensidad.** En relación a precipitaciones, es un parámetro de grado o fuerza con el cual mide la acción que produce dicho aspecto.

**Escorrentía.** Es un desarrollo físico la cual significa el flujo del agua de lluvia por un determinado sistema, ya sea un drenaje o red fluvial.

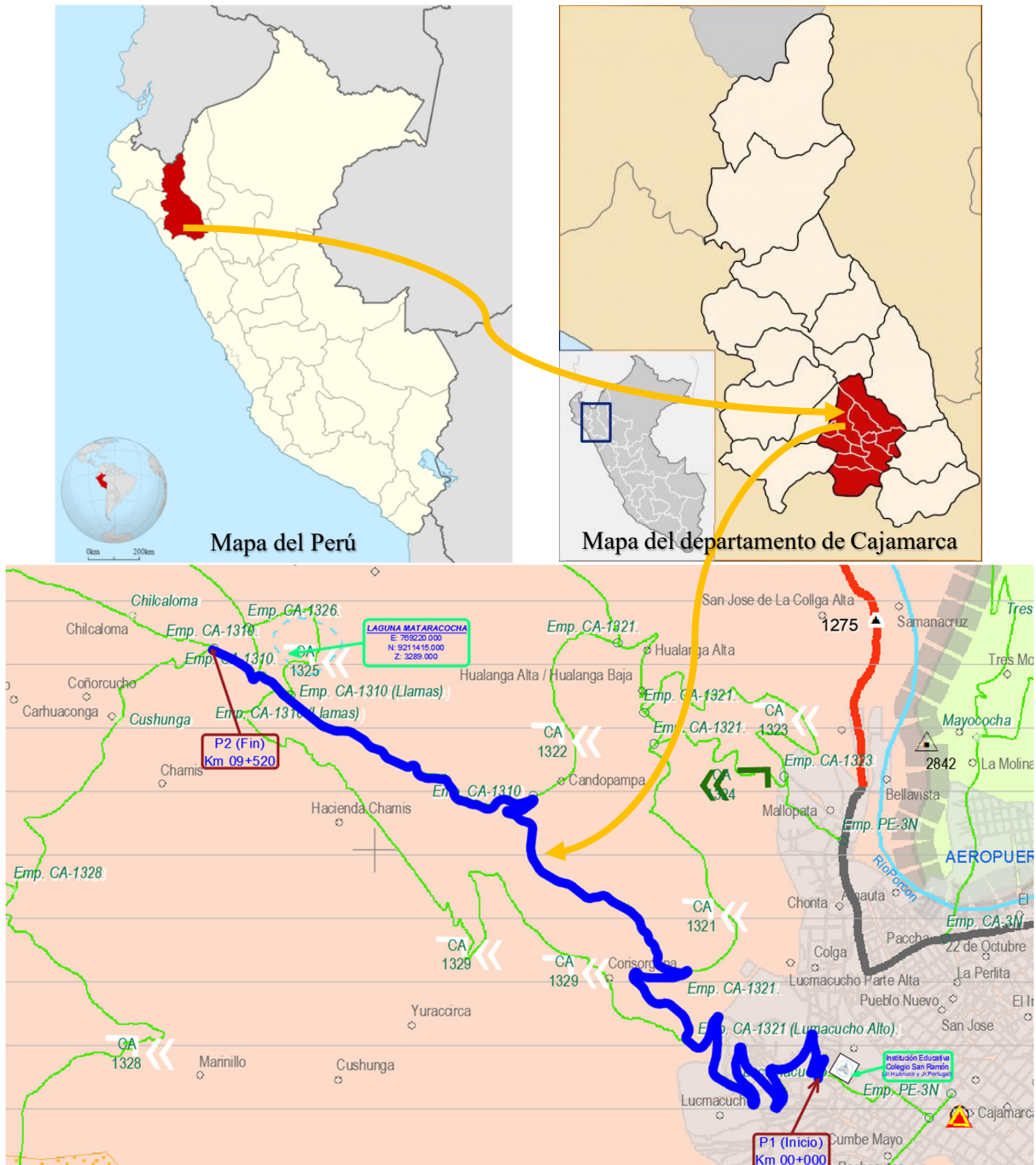


## CAPÍTULO III. MATERIAL Y MÉTODO

### 3.1. Descripción de la zona de estudio

#### 3.1.1. Ubicación política

- Distrito: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Departamento: Cajamarca



**Figura 11.** Ubicación política del camino vecinal Cajamarca - CP Chamis

### 3.1.2. Ubicación geográfica

El punto de inicio del camino vecinal evaluado se encuentra a 1.2 Km al este de la plaza de armas de Cajamarca y va hasta el centro poblado de Chamis, con un total de 9.52 Km de recorrido. Sus extremos poseen las siguientes coordenadas:

**Tabla 9.** *Coordenadas de los extremos del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis.*

VÍA EN ESTUDIO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM		COOR. GEOGRÁFICAS		COTA m.s.n.m
		ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD	
P1	CA-1321	773126.44	9208399.20	-7.153446°	-78.526850°	2764
P2	Chamis (CA-1310)	768865.29	9211414.51	-7.125829°	-78.562762°	3294



**Figura 12.** *Ubicación geográfica del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis.*

**Fuente:** Google Earth

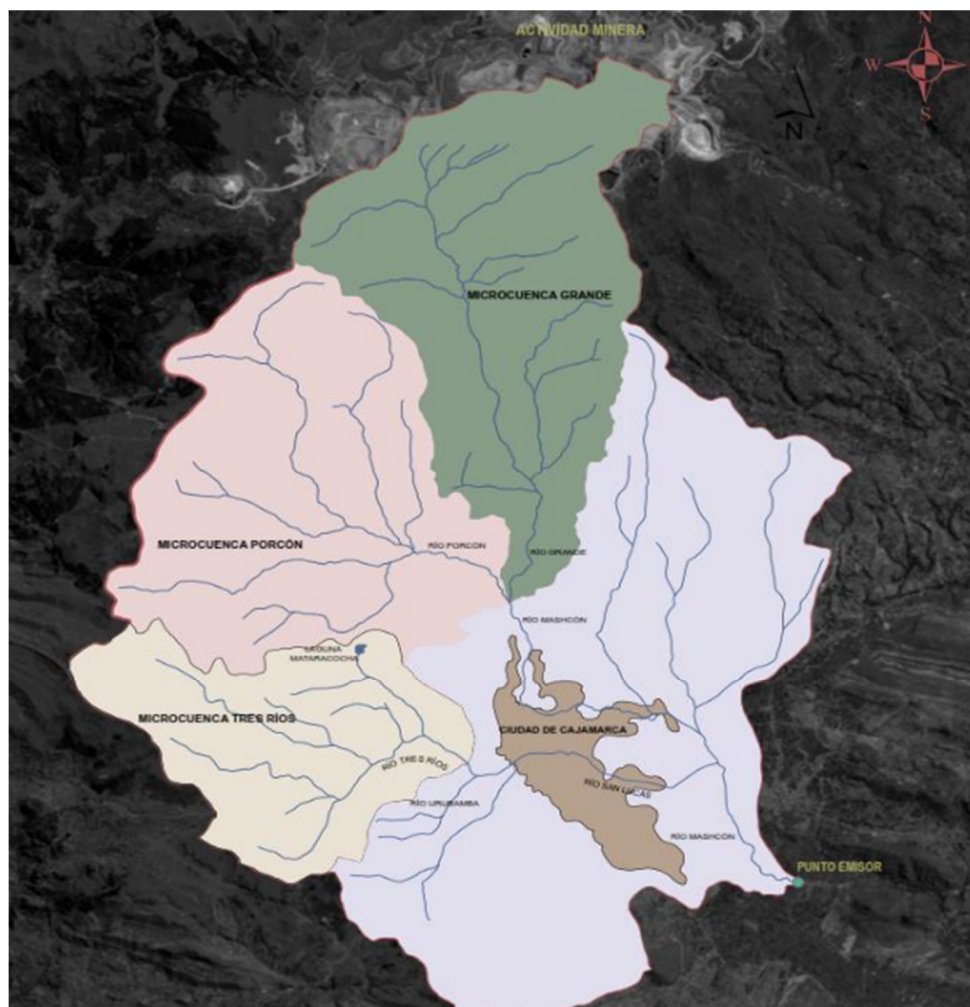
### 3.1.3. Ubicación hidrográfica

El área se encuentra en la microcuenca “Tres Ríos” que pertenece a la vertiente del Atlántico en la parte de la cabecera de la Región hidrográfica del Amazonas dentro de la cuenca Crisnejas y sus aguas desembocan en los ríos Cajamarquino, Marañón y el Amazonas (Figura 13). La microcuenca Tres Ríos está formada por las subcuencas Balconcillo, Manzana y Coshunga. Ver Tabla 10.

**Tabla 10.** Datos de la microcuenca Tres Ríos.

MICROCUECENA	COORDENADAS (UTM)		ELEVACIÓN (msnm)	PERÍMETRO (Km)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
	Sur	Este			
Tres Ríos	9201856.66	774870.13	3144	31.8	41.5
	9228384.39	775817.81	4106		

**Fuente:** Chuquimango, 2022.

**Figura 13.** Microcuenca Tres Ríos.

**Fuente:** Chuquimango, 2022.

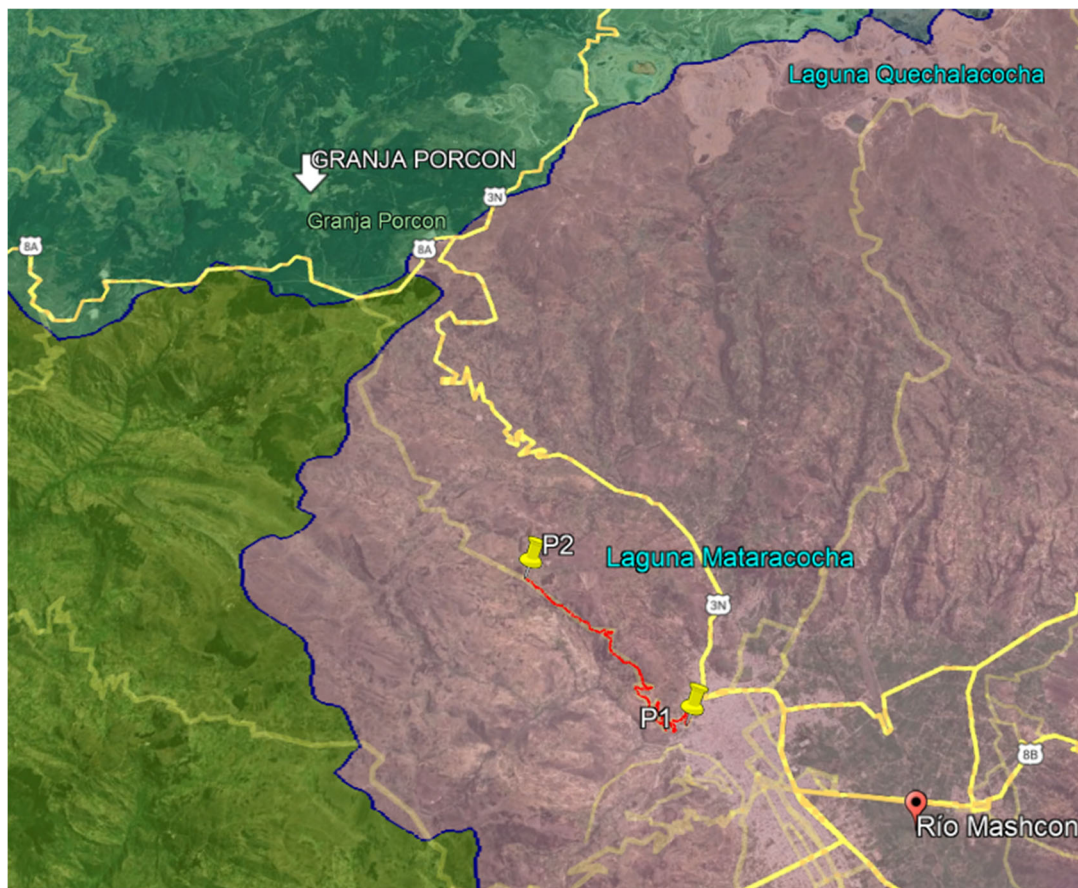
### 3.1.4. Ubicación de las estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas más cercanas y que se encuentran en servicio es la estación Granja Porcón y la estación Augusto Weberbauer que se ubica en el distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca (Tabla 11).

**Tabla 11.** Datos de las estaciones meteorológicas

ESTACIÓN	UBICACIÓN			ALTITUD (msnm)	COORDENADAS (UTM)		CÓD.	AÑOS DE REGISTRO
	Departamento	Provincia	Distrito		Norte	Este		
Granja Porcón	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	3149	9221440.43	761445	107002	21 años
Augusto Weberbauer	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	2673	9206979.02	776876.57	107003	31 años

Fuente: SENAMHI

**Figura 14.** Estación - Granja Porcón.

Fuente: Google Earth.

### 3.2. Procedimiento

Para llevar a cabo la presente tesis se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se realizó la revisión y estudio de diversas investigaciones como antecedentes a la problemática y de trabajos previos respecto al drenaje pluvial en carreteras.
- b) Se ubicó la zona en la cual se realizó la investigación, para este caso, es el camino vecinal que va de Cajamarca al centro poblado Chamis.

- c) Se realizó la observación y toma de datos del camino vecinal de Cajamarca al centro poblado de Chamis; en este punto se llevaron a cabo los siguientes trabajos para la investigación:
- i. El **levantamiento topográfico** del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, mediante estación total y nivel topográfico.
  - ii. La **descripción del sistema de drenaje pluvial existente**, mediante la toma de fotografías que muestran el estado actual de las estructuras.
  - iii. La **recolección de datos hidrológicos** para estimar el caudal de aporte de las microcuencas con fines de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca.
  - iv. La **evaluación del sistema de drenaje pluvial existente** del camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, en dónde se determinó si el diseño de estas estructuras es el adecuado de acuerdo a los datos hidrológicos obtenidos previamente.

- **Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico se desarrolló a través de la utilización de equipos especializados para este determinado trabajo, dentro de ello tenemos, equipos topográficos, como estación total, nivel topográfico y/o GPS. La finalidad fue realizar el levantamiento topográfico para hallar los planos en planta y perfil longitudinal del camino vecinal que comprende desde la localidad de Cajamarca hasta el centro poblado de Chamis, Cajamarca. En resumen, se desarrolló:

- El trabajo en campo.
- El procesamiento de los datos topográficos.
- Plasmar el diseño (perfiles y secciones características del camino vecinal y del drenaje pluvial).

- **Descripción del sistema de drenaje existente**

Dentro de la descripción del sistema de drenaje existente, se tiene las **características geométricas del sistema de drenaje** pluvial como las secciones transversales de los conductos, pendientes y/o elevaciones del tirante de ser el caso.

También se obtuvo las **condiciones físicas de las estructuras** del sistema de drenaje pluvial que comprende desde la ciudad de Cajamarca hasta el Centro Poblado Chamis. Con una técnica de observación directa para la recolección de datos, la cual es de mucha importancia para la posterior evaluación.

El **tipo de evacuación** que tiene como fin dicho sistema de drenaje pluvial, como ejemplo, una generalización de desastres que han ocasionado los problemas identificados y tener como solución el tipo de evacuación que se implementaría (como tipo por gravedad, etc.).

- **Estimación de caudal de aporte de las cuencas.**

**Para el análisis hidrológico:**

Se obtuvo los datos necesarios para la determinación de los parámetros hidrológicos con la finalidad de desarrollar el estudio, esto en base a los siguientes puntos que se describe a continuación:

- **Recopilación de la información:**

Punto en el cual se hizo una recolección de datos de una manera muy precisa, apoyado en fuentes confiables y existentes, en donde se engloba datos topográficos, inventario, diagnóstico y análisis de las características pluviométricas, teniendo como referencia los parámetros establecidos por el *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC 2014)*, cartografías, cartas nacionales proporcionadas por ANA, y derivados de otras fuentes que retroalimenten la investigación. Para el trabajo se realizó la recopilación de datos de dos estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, proporcionadas por SENAMHI, la estación Augusto Weberbauer y la estación Granja Porcón.

- **Desarrollo del trabajo in situ (en campo):**

Punto en donde los trabajos se realizaron in-situ como el reconocimiento de campo, los puntos de ubicación de las distintas infraestructuras de drenaje pluvial existente, posterior a ello la determinación de sus pendientes en cada tramo en el cual se estudió.

- **Desarrollo en Gabinete:**

En este punto se desarrolló el procesamiento de la información obtenida de todos los datos recopilados en los puntos mencionados líneas arriba.

**En la etapa de Diseño:**

- **Desarrollo del trabajo in situ (en campo):**

Punto en donde se recopiló la información de catastro para identificar trayecto del camino vecinal en donde se realizó el estudio.

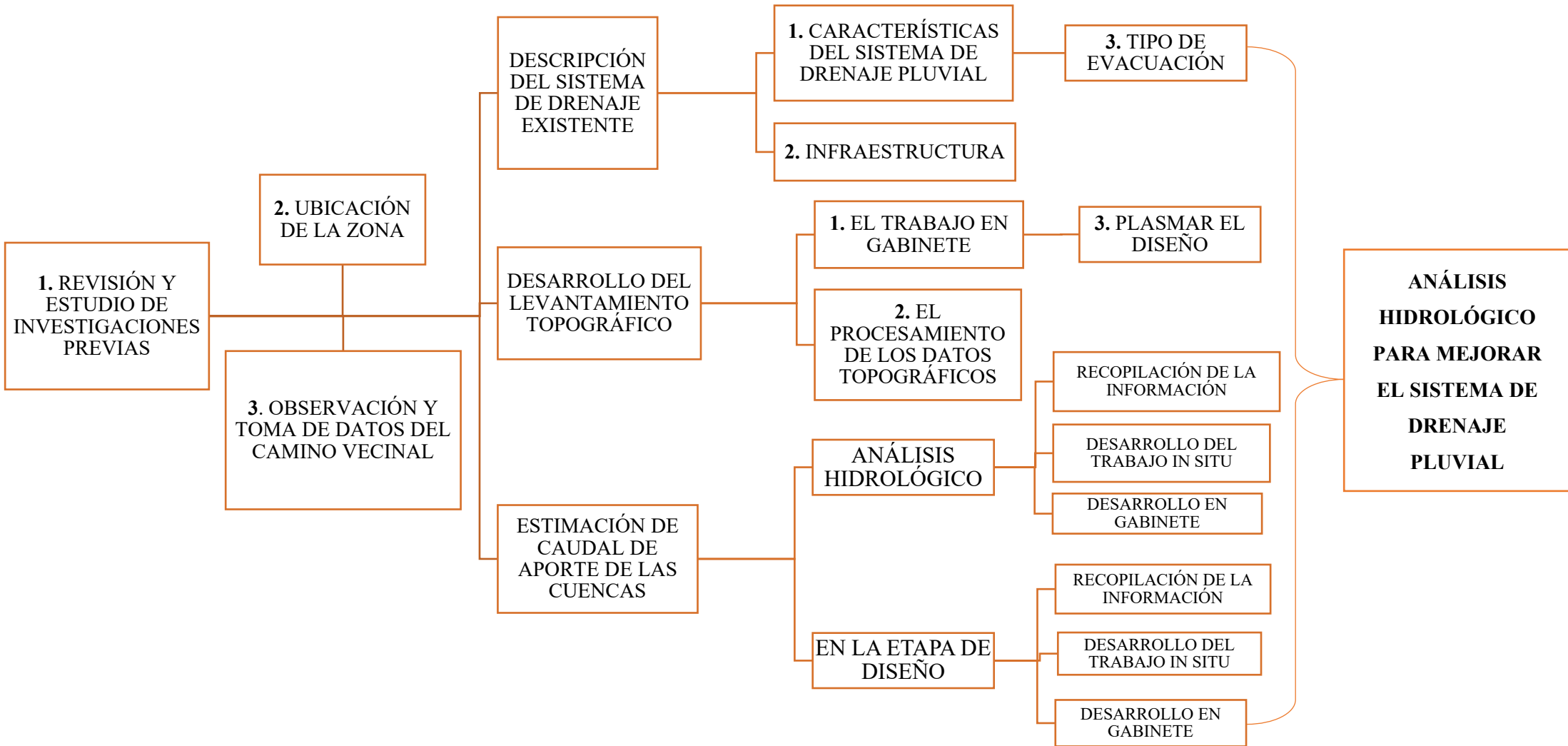
- **Desarrollo en Gabinete:**

En este punto se desarrolló el procesamiento de información mediante de softwares.

- Microsoft Excel
- Microsoft Word.
- Software ArcGIS
- HCanales
- Hidroesta2
- AutoCAD

**DIAGRAMA DE FLUJO.**

**ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA.**





### 3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

#### 3.3.1. Tratamiento

El tratamiento de las variables se realizó mediante la recopilación de datos, desarrollo in situ, y software.

##### Para la variable del análisis hidrológico

Se realizó mediante métodos probabilísticos para hallar la precipitación máxima diaria, generar curvas IDF y determinar los parámetros de la cuenca Tres ríos y áreas tributarias de estudio.

- **Cartografía:** Que consiste en planos topográficos del área en estudio en este caso el camino vecinal Cajamarca a CP Chamis.
- **Pluviometría:** Dentro de este estudio hidrológico, la recolección de información es referida a precipitaciones, se realizó la recopilación de datos de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, el camino vecinal Cajamarca – Centro Poblado de Chamis, proporcionada por SENAMHI.

##### Estimación del caudal de Diseño

Esta investigación realiza el análisis para un drenaje pluvial, el caudal de diseño se determina calculando mediante el método Racional, según el *RNE CE – 040, OS 060 Drenaje Pluvial*, para áreas menores o igual a 13 km<sup>2</sup>, el método racional es aplicable.

##### Cálculos de intensidad máxima

Recopilación de datos de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación más próxima al área de estudio que comprende Cajamarca al centro poblado Chamis.

##### Caudal máximo.

Con un método muy común y utilizado, el Método Racional define el caudal máximo en relación a una lluvia de diseño en específico relacionado al diseño de obras de arte como es en esta investigación, drenaje pluvial.

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

En donde:

*Q*: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s).

*C*: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de lluvia de diseño, que tiene por igualdad la duración y tiempo de concertación de la cuenca, y a la vez una igualdad en la frecuencia y el periodo de retorno para el diseño. (Curvas I-D-F) mm/h.

A: Área de la cuenca (ha.)

### **Para la variable del sistema de drenaje pluvial**

Se muestra la evaluación del diseño de los componentes que corresponden al drenaje pluvial en el camino vecinal de Cajamarca al Centro Poblado de Chamis, Cajamarca.

- Evaluación de cunetas del camino vecinal Cajamarca a Centro Poblado de Chamis
- Evaluación de alcantarillas del camino vecinal
- Evaluación de badenes: desarrollado con programa Hcanales.
- Parámetros de diseño.
  - o Caudal máximo.

### **3.3.2. Análisis de datos**

#### **Análisis de datos**

El análisis de datos se realizó procesando la información realizando los cálculos manuales y cálculos mediante software siguiendo el orden y el procedimiento establecido por cada método, cumpliendo los criterios mínimos que requiere el método a tratar.

#### **Interpretación de datos**

Se realizó luego de haber calculado los parámetros hidrológicos con diferentes métodos estandarizados, de donde se hizo la comparación de resultados y se determina las conclusiones, proponiendo las soluciones de mejoría.

### **3.3.3. Presentación de Resultados**

La presentación de resultados está dada por:

- Empezando con una cartografía de la zona de investigación Cajamarca, Centro Poblado, Cajamarca. donde se presenta fichas de levantamiento topográfico.
- El estudio hidrológico – pluviometría, son datos meteorológicos que brindó SENAMHI, el cual es plasmado a través de tablas.
- La estimación del caudal de diseño para el estudio de alcantarillado pluvial, es calculado mediante un método llamado racional, donde es denotado a través de tablas, luego se hizo los cálculos correspondientes.

- Lo mismo para el cálculo de intensidad máxima, precipitaciones máximas, se plasma a través de tablas correspondientes.
- Para el cálculo del caudal máximo, se tiene los parámetros de la cuenca de estudio, a través de tablas y también los resultados finales.
- Para el diseño de drenaje pluvial, la utilización para plasmar en dibujo en planta la zona, con AutoCAD (área para cálculo de caudales).
- Tablas específicas de tramos y caudales de acuerdo a la zona de estudio que comprende la zona de Cajamarca y el centro poblado de Chamis, Cajamarca.
- Tablas proporcionadas por la norma CE040. (coeficiente de escorrentía, método racional).

### **3.4. Metodología de la investigación**

#### **Tipo de Investigación**

La presente tesis adjunta las condiciones metodológicas de un *estudio aplicado*, porque se utilizan conocimientos de la Ingeniería Civil de la rama de hidrología e hidráulica para realizar el análisis hidrológico y determinar las medidas a tomar en cuenta para mejorar el sistema de drenaje pluvial en el camino vecinal de estudio según el Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje del MTC-2014.

#### **Nivel de Investigación**

Adopta un *estudio descriptivo*, puesto que, tiende a describir y fundamentar los cálculos hidrológicos frente a los fenómenos meteorológicos que se producen en el lugar de estudio, sin que se manipule las variables.

#### **Diseño de Investigación**

El diseño es *no experimental*, puesto que, no existe condiciones experimentales que van a estar sujetos las variables de estudio, evaluándose en su contexto natural sin alterar ninguna situación.

#### **Población de estudio**

La población utilizada en este estudio son los caminos vecinales de Cajamarca.

#### **Muestra**

El camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Caracterización del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis

#### 4.1.1. Clasificación del camino vecinal

- Por su demanda: Corresponde a una *trocha carrozable*, cuyo IMDA es menor a 200 veh/día.
- Por su orografía: El tipo de terreno encontrado en la vía se ha clasificado como terreno *ondulado (tipo2)*, ya que tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales predominantes son menores al 6%, con ciertos tramos del camino vecinal que poseen pendientes longitudinales excepcionales mayores a este valor en los tramos del Km 00+665 al Km 00+980 y del Km 04+836 al Km 06+085.
- Según el reglamento de jerarquización vial: El camino pertenece a la *Red Vial Vecinal o Rural*, comprendiendo las rutas CA-1321 y CA-1310.

#### 4.1.2. Punto de inicio

Su punto de inicio es en el cruce con el jirón Portugal, en la ciudad de Cajamarca, en este punto se inicia la vía, cuyo kilometraje es el Km 00+000.

#### 4.1.3. Punto Final

El proyecto termina en el Centro Poblado Chamis, cuyo kilometraje es el Km 09+520.00.

#### 4.1.4. Longitud

La distancia de la vía en estudio es de 9+520.00 kilómetros, iniciando en la ciudad de Cajamarca hasta centro poblado Chamis.

#### 4.1.5. Tipo de superficie de rodadura

La superficie de rodadura está constituida por afirmado el cual está muy deteriorado. En los dos primeros kilómetros su ancho es muy variable debido a la presencia de viviendas, en los kilómetros posteriores conserva su ancho promedio de 6.00 metros, pero se evidencian problemas de transitabilidad en toda su longitud, en especial durante las épocas de lluvias en la zona.

#### 4.1.6. Estado de transitabilidad

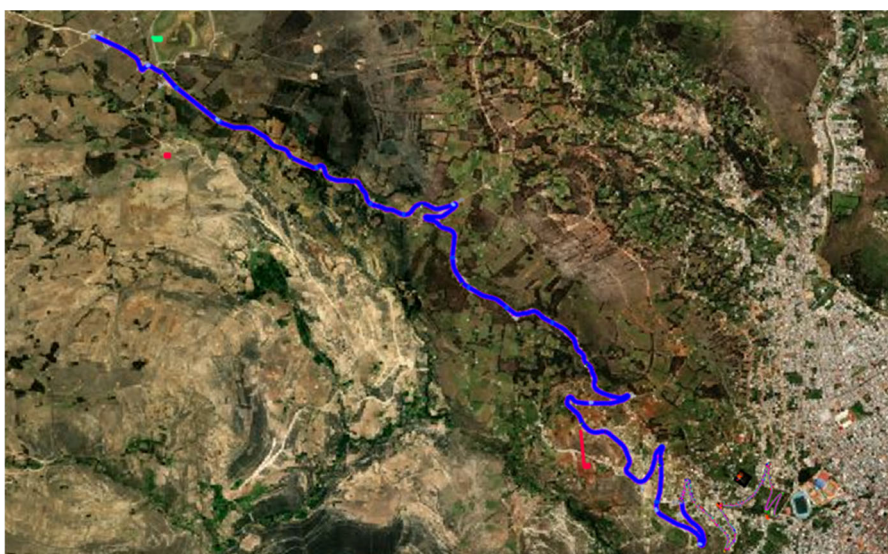
El estado de transitabilidad del camino vecinal, de acuerdo con el Manual de Inventarios Viales del MTC para vías afirmadas, es **malo (M)**, ya que el afirmado tiene signos de deterioros en huellas/hundimientos con profundidades mayores a 10 cm, identificándose baches que requieren una reconstrucción; además no cuenta con señalizaciones, las cunetas y alcantarillas se encuentran colmatadas; los muros de contención y badenes en mal estado.



**Figura 15.** Evaluación de las condiciones de la vía.

#### 4.2. Descripción del drenaje existente

El propósito de esta investigación es brindar un resumen del trabajo de campo que se ejecutó para evaluar las condiciones actuales del drenaje de la vía en estudio que conecta a la ciudad de Cajamarca y el centro poblado Chamis, a partir del cual se determinó las condiciones actuales de las estructuras que se encuentran en la vía de estudio, así como las alcantarillas, badenes, y cunetas existentes.



**Figura 16.** Imagen satelital de la vía de estudio.

**Fuente:** Extraído de Google Earth

Su punto de inicio es en el cruce con el jirón Portugal en la ciudad de Cajamarca, en este punto se inicia la vía, cuyo kilometraje es el Km 00+000. El Punto Final del proyecto es en el centro poblado Chamis, cuyo kilometraje es de 9+520.00 kilómetros.

#### 4.2.1. Información de obras de drenaje pluvial existentes

##### 1. Alcantarillas, Badenes y Cunetas

Las obras de drenaje se describen a continuación:

###### o Alcantarillas:

Se ha ubicado 14 alcantarillas, cuya información obtenida en campo se adjunta.

**Tabla 12.** Alcantarillas identificadas en vía de estudio.

Ubicación (progresiva)	Estructura existente	Material	Dimensiones (cm)	Pendiente	Situación actual
0+000	Alcantarilla rectangular	Concreto	a=50, h=40	4%	Parcialmente colmatada
1+870	Alcantarilla circular	PVC	Ø = 20	4%	Colmatada
3+061	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 80	4%	Parcialmente colmatada
3+310	Alcantarilla rectangular	Mampostería	a=30, h=25	2%	Colmatada
3+834	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 60	2%	Obstruida por basura
5+116	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 90	3%	Obstruida por basura
5+353	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 90	4.50%	Parcialmente colmatada
6+316	Alcantarilla rectangular	Mampostería	a=30, h=30	2%	Colmatada
6+540	Alcantarilla rectangular	Concreto	a=20, h=30	4%	Parcialmente colmatada
6+787	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 90	5%	Colmatada
7+040	Alcantarilla rectangular	Mampostería	a=20, h=25	2%	Parcialmente colmatada y obstruida por vegetación
7+531	Alcantarilla circular	Metálica Corrugada	Ø = 90	11%	Obstruida por basura
7+576	Alcantarilla circular	PVC	Ø = 20	4%	Parcialmente colmatada
8+370	Alcantarilla rectangular	Mampostería	a=20, h=25	2%	Parcialmente colmatada y obstruida por basura

- 3+061 Alcantarilla



**Figura 17.** *Entrada y salida de alcantarilla N°01*

En la Figura 17 se muestra una alcantarilla de sección circular de TMC con un diámetro de 90 cm, cuya entrada se encuentra totalmente colmatada por basura y sedimentos, y en su salida el agua es entregada a terrenos de cultivo, donde es usada para regarlos. Presenta muros de ala en su embocadura y desembocadura, y ángulo de esviaje izquierdo. Una longitud de 7 metros y pendiente del 4.00%.

- 3+834 Alcantarilla



**Figura 18.** *Entrada y salida de alcantarilla N°02*

En la Figura 18 se muestra una alcantarilla de sección circular de TMC con un diámetro de 60 cm, cuya entrada se encuentra parcialmente colmatada por sedimentos y obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada al cauce natural de la quebrada con presencia de basura. Presenta muros de ala en su embocadura y muros de vuelta en su desembocadura, y ángulo de esviaje derecho. Una longitud de 7 metros y pendiente del 2.00%.



- 5+116 Alcantarilla



**Figura 19.** *Entrada y salida de alcantarilla N°03*

En la Figura 19 se muestra una alcantarilla de sección circular de TMC con un diámetro de 90 cm, cuya entrada se encuentra parcialmente colmatada por sedimentos, en su salida el agua es entregada al cauce natural de la quebrada y se encuentra parcialmente obstruida por vegetación. Presenta muros de ala en su embocadura y desembocadura, y ángulo de esviaje derecho. Una longitud de 7 metros y pendiente del 3.00%.

- 5+353 Alcantarilla



**Figura 20.** *Entrada y salida de alcantarilla N°04*

En la Figura 20 se muestra una alcantarilla de sección circular de TMC con un diámetro de 90 cm, cuya entrada se encuentra parcialmente colmatada por sedimentos, y en su salida el agua es entregada al cauce natural de la quebrada que se encuentra erosionado. Presenta muros de ala en su embocadura y desembocadura, y ángulo de esviaje derecho. Una longitud de 7 metros y pendiente del 4.50%.

- 6+787 Alcantarilla



*Figura 21. Entrada y salida de alcantarilla N°05*

En la Figura 21 se muestra una alcantarilla de sección **circular** de TMC con un diámetro de 90 cm, cuya entrada se encuentra colmatada por sedimentos y obstruida por basura, su salida se encuentra totalmente colmata por sedimentos y el agua se entrega a un terreno de propiedad privada. Presenta muros de ala en su embocadura y muros de vuelta en su desembocadura, y ángulo de esviaje derecho. Una longitud de 7 metros y pendiente del 5.00%.

- 7+531 Alcantarilla



**Figura 22.** *Entrada y salida de alcantarilla N°06*

En la Figura 22 se muestra una alcantarilla de sección circular de TMC con un diámetro de 90 cm, cuya entrada se encuentra parcialmente colmatada por sedimentos, y en su salida el agua es entregada al cauce natural de la quebrada. Presenta muros de ala en su embocadura, y ángulo de esviaje derecho. Una longitud de 7 metros y pendiente del 11%.

○ **Badenes:**

Se han ubicado 09 badenes existentes según sus respectivas progresivas:

**Tabla 13.** *Badenes de la vía en estudio*

Ubicación (progresiva)	Estructura existente	Material	Dimensiones (m)	Pendiente	Situación actual
0+150	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.50, l=7.50	11.83%	Deteriorado
0+580	Badén	Concreto Ciclópeo	a=4.60, l=7.50	5.25%	Deteriorado
0+700	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.50, l=7.50	9.44%	Deteriorado
1+035	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.40, l=7.50	8.88%	Muy deteriorado
1+340	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.00, l=6.00	4.80%	Deteriorado
2+353	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.70, l=7.50	10.56%	Deteriorado
3+133	Badén	Concreto Ciclópeo	a=3.40, l=7.50	12.10%	Deteriorado
3+200	Badén	Concreto Ciclópeo	a=3.20, l=7.00	7.20%	Deteriorado
5+675	Badén	Concreto Ciclópeo	a=2.60, l=7.50	5.70%	Deteriorado



**Figura 23.** Estado actual de badén N°01

En la Figura 23 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, y en su salida el agua es entregada a la cuneta. Tiene una longitud de 8 metros y un ancho de 2.50 metros, pendiente del 11.83% y ángulo de esviaje izquierdo. La estructura presenta diversas fisuras y su capa superficial desgastada.



**Figura 24.** Estado actual de badén N°02

En la Figura 24 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a la cuneta y está obstruida por vegetación. Tiene una longitud de 8 metros y un ancho de 4.60 metros, pendiente del 5.25% y ángulo de esviaje derecho. La estructura presenta diversas fisuras y su capa superficial desgastada.



**Figura 25.** Estado actual de badén N°03

En la Figura 25 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a la calzada de la vía que cruza. Tiene una longitud de 6 metros y un ancho de 2.40 metros, pendiente del 8.88% y ángulo de esviaje derecho. La estructura se encuentra destruida, por lo que se hace necesaria su reconstrucción.



**Figura 26.** Estado actual de badén N°04

En la Figura 26 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a un canal. Tiene una longitud de 8.00 metros y un ancho de 2.00 metros, pendiente del 4.80%. La estructura presenta sedimentos y su capa superficial desgastada.



**Figura 27.** Estado actual de badén N°05

En la Figura 27 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a la cuneta de la vía. Tiene una longitud de 8 metros y un ancho de 2.70 metros, pendiente del 10.56% y ángulo de esviaje izquierdo. La estructura presenta diversas fisuras y su capa superficial desgastada.



**Figura 28.** Estado actual de badén N°06



En la Figura 24 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a la cuneta de la vía. Tiene una longitud de 8 metros y un ancho de 3.40 metros, pendiente del 12.10% y ángulo de esviaje derecho. La estructura presenta diversas fisuras y su capa superficial desgastada.



**Figura 29.** Estado actual de badén N°07

En la Figura 29 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por vegetación, en su salida el agua es entregada a la cuneta y está obstruida por vegetación. Tiene una longitud de 7 metros y un ancho de 3.20 metros, pendiente del 7.20% y ángulo de esviaje derecho. La estructura presenta grietas, su capa superficial desgastada y acumulación de sedimentos.



**Figura 30.** Estado actual de badén N°08

En la Figura 30 se muestra un badén de sección parabólica construido de concreto ciclópeo, cuya entrada se encuentra parcialmente obstruida por sedimentos, en su salida el agua es entregada al talud del terreno natural. Tiene una longitud de 8 metros y un ancho de 2.60 metros, pendiente del 5.70% y ángulo de esviaje derecho. La estructura presenta diversas fisuras y su capa superficial desgastada.

○ **Cunetas:**

Cuenta con cuneta solo a un lado de la vía con distintas características en las siguientes progresivas:

**Tabla 14.** Cunetas de la vía en estudio

Ubicación (progresiva)	Estructura existente	Material	Pendiente	Dimensiones (cm)
0+000	Cuneta rectangular	Concreto	5.00%	b=50, h=40
0+305	Cuneta rectangular	Concreto	4.00%	b=50, h=60
0+434	Cuneta rectangular	Tierra	6.00%	b=50, h=25
0+600	Cuneta rectangular	Tierra	4.00%	b=50, h=25
0+665	Cuneta rectangular	Tierra	8.00%	b=50, h=25
0+793	Cuneta rectangular	Tierra	10.00%	b=50, h=20
0+980	Cuneta rectangular	Tierra	2.80%	b=50, h=30
1+290	Cuneta rectangular	Tierra	7.00%	b=40, h=25

1+500	Cuneta rectangular	Tierra	6.00%	b=50, h=30
1+605	Cuneta rectangular	Tierra	7.00%	b=50, h=30
1+910	Cuneta rectangular	Tierra	2.37%	b=45, h=30
2+130	Cuneta trapezoidal	Tierra	4.13%	b=40, h=30
2+210	Cuneta trapezoidal	Tierra	1.91%	b=40, h=30
2+280	Cuneta trapezoidal	Tierra	6.15%	b=40, h=30
2+370	Cuneta trapezoidal	Tierra	3.91%	b=50, h=30
2+600	Cuneta rectangular	Tierra	6.25%	b=50, h=25
2+636	Cuneta rectangular	Tierra	4.37%	b=50, h=25
3+000	Cuneta rectangular	Tierra	5.37%	b=60, h=30
3+155	Cuneta trapezoidal	Tierra	2.49%	b=50, h=30
3+200	Cuneta trapezoidal	Tierra	6.66%	b=50, h=30
3+300	Cuneta triangular	Tierra	5.70%	b=50, h=25
3+560	Cuneta triangular	Tierra	6.98%	b=50, h=25
3+764	Cuneta triangular	Tierra	6.31%	b=50, h=25
4+025	Cuneta trapezoidal	Tierra	7.04%	b=50, h=40
4+250	Cuneta trapezoidal	Tierra	5.73%	b=50, h=40
4+450	Cuneta trapezoidal	Tierra	3.59%	b=50, h=40
4+635	Cuneta trapezoidal	Tierra	6.39%	b=50, h=40
4+836	Cuneta trapezoidal	Tierra	8.19%	b=50, h=40
5+000	Cuneta triangular	Tierra	7.93%	b=60, h=40
5+650	Cuneta triangular	Tierra	8.46%	b=60, h=40
6+085	Cuneta trapezoidal	Tierra	6.57%	b=70, h=60
6+540	Cuneta trapezoidal	Tierra	5.25%	b=50, h=40
6+800	Cuneta trapezoidal	Tierra	5.42%	b=50, h=30
7+114	Cuneta trapezoidal	Tierra	6.93%	b=50, h=25
7+400	Cuneta trapezoidal	Tierra	3.75%	b=50, h=25
7+765	Cuneta trapezoidal	Tierra	4.47%	b=50, h=30
8+050	Cuneta trapezoidal	Tierra	3.41%	b=50, h=30
8+460	Cuneta trapezoidal	Tierra	1.08%	b=50, h=30
8+620	Cuneta triangular	Tierra	3.14%	b=60, h=25
9+000	Cuneta trapezoidal	Tierra	9.76%	b=60, h=25
9+175	Cuneta rectangular	Tierra	3.85%	b=50, h=60



**Figura 31.** Secciones de cunetas erosionadas

En la Figura 31 se muestra un tramo de cunetas con sección trapezoidal constituido por material propio de la zona del tramo Km 05+900 al Km 06+050, cuyo fondo y taludes presentan una notable erosión, producto de esto, la profundidad de la cuneta es de un metro y el ancho de la calzada se ve comprometido. La longitud de este tramo es de 150 metros y pendiente del 8.46%.



**Figura 32.** Secciones de cunetas sedimentadas

En la Figura 32 se muestra dos tramos de cunetas con sección trapezoidal constituido por material propio de la zona del Km 08+400 y del Km 07+800, cuyo fondo presenta sedimentos arrastrados por la lluvia, lo que colmata dichas cunetas, producto de esto, la profundidad de la cuneta es menor a diez centímetros y la calzada se ve comprometida por el agua que ingresa a esta. La longitud de estos tramos es de 300 metros y pendiente del 3.41% y 4,47% respectivamente.

#### 4.2.2. Inventario de obras de drenaje pluvial existentes

La siguiente tabla presenta una lista de las obras de arte que describen las características claves de cada estructura y la acción necesaria a realizar.

Tabla 15. Inventario vial total

Progresiva	Clase	Material	Condición Funcional	Observaciones / Comentarios/ Detalles
0+000	Alcantarilla	Concreto	Regular	Rectangular de a:50cm x h:40cm, deriva hacia quebrada
0+150	Badén	Concreto Ciclópeo	Regular	Ancho de 2.50 m, deteriorado
0+290	Cuneta	Concreto	Bueno	Rectangular de a:50cm x h:60cm
0+580	Badén	Concreto Ciclópeo	Regular	Ancho de 4.60 m, deteriorado
0+610	-	-	-	Plataforma deteriorada, agua discurre por centro de la vía
1+035	Badén	Concreto Ciclópeo	Malo	Deriva aguas de cuneta a quebrada, Ancho de 2.40 m, deteriorado
1+330	Badén	Concreto Ciclópeo	Bueno	Deriva aguas de cuneta a canal, Ancho de 2.00 m
1+575	-	-	-	Deterioro de la plataforma por falta de drenaje
1+860	Alcantarilla	Concreto	Malo	Deriva aguas de cuneta a quebrada, obstruida por basura
2+090	-	-	-	Necesita alcantarilla, presencia de una quebrada
2+355	Badén	Concreto Ciclópeo	Regular	Ancho de 2.70 m, aumentar sección
2+770	Cuneta	Tierra	Malo	Colmatada por aguas servidas
2+985	-	-	-	Pase de quebrada obstruido por viviendas
3+020	Cuneta	Tierra	Malo	Colmatada por aguas servidas
3+043	-	-	-	Plataforma húmeda por mal drenaje
3+062	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Malo	Entrada obstruida por basura, Diámetro: 80 cm
3+135	Badén	Concreto Ciclópeo	Regular	Drena una quebrada, Ancho:3.20 m, deteriorado
3+185	Cuneta	Tierra	Regular	Sección Trapezoidal a:40cm x h:30cm, agua estancada
3+200	Badén	Concreto Ciclópeo	Malo	Salida obstruida por una propiedad, Ancho:3.00 m, deteriorado
3+310	Alcantarilla	Mampostería	Malo	Salida totalmente obstruida por basura
3+430	Cuneta	Tierra	Malo	Agua invade plataforma por mal drenaje de cunetas
3+650	-	-	-	Necesita badén, cruce de dos caminos
3+840	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Regular	Entrada y salida obstruida por basura, Diámetro:60 cm
4+000	-	-	-	Necesita alcantarilla, presencia de una quebrada
4+220	Cuneta	Tierra	Regular	Sección deteriorada por erosión del suelo

4+617	Cuneta	Tierra	Regular	Sección obstruida por vegetación, h:50cm x a:30cm
4+870	-	-	-	Necesita alcantarilla, presencia de una quebrada
5+120	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Regular	Entrada y salida obstruida por basura, Diámetro: 90 cm
5+354	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Regular	Salida obstruida por basura, Diámetro: 90 cm
5+500	-	-	-	Necesita alcantarilla, presencia de un curso de agua
5+675	Badén	Concreto Ciclópeo	Regular	Deteriorado, ancho: 2.40 m
5+750	-	-	-	Pérdida de ancho de la plataforma por mal drenaje
5+904	-	-	-	Deterioro de la plataforma por mal drenaje
6+040	Cuneta	Tierra	Regular	Sección totalmente deteriorada por erosión del suelo
6+316	Alcantarilla	Mampostería	Malo	Salida y entrada obstruidos por vegetación
6+540	Alcantarilla	Concreto	Regular	Rectangular de h:30cm x a:20cm
6+563	-	-	-	Deterioro de la plataforma por falta de drenaje
6+785	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Malo	Entrada y salida colmatadas, Diámetro: 90 cm
7+040	Alcantarilla	Mampostería	Malo	Salida obstruida por basura, Diámetro: 20 cm
7+210	-	-	-	Deterioro de la plataforma por falta de drenaje
7+531	Alcantarilla	Metálica Corrugada	Regular	Entrada y salida obstruida por basura, Diámetro: 90 cm
7+576	Alcantarilla	PVC	Regular	Salida obstruida por basura, Diámetro: 20 cm
7+840	-	-	-	Necesita alcantarilla, suelo húmedo
8+075	-	-	-	Necesita alcantarilla, talud húmedo, captación cercana
8+370	Alcantarilla	Mampostería	Malo	Salida obstruida por basura
8+531	Tubería	PVC	Regular	Intersección de caminos, Diámetro: 40 cm
8+940	Cuneta	Tierra	Bueno	Sección Trapezoidal, a:50cm x h:10cm
9+020	Cuneta	Tierra	Regular	Sección Trapezoidal, a:60cm x h:20cm
Laguna Matarococha	-	-	-	

La superficie de rodadura suele presentar irregularidades debido a pérdida de material fino y grava, además de presencia de baches, asentamientos, erosión superficial y presencia de partículas mayores a 2".

Asimismo, se ha constatado que las obras de arte, como las alcantarillas y badenes, en su mayoría se encuentran en mal estado de conservación y esto hace necesaria su reconstrucción o mejoramiento especialmente en el caso de los badenes y algunas alcantarillas.

### **4.3. Análisis hidrológico**

El propósito es determinar el caudal de diseño de las infraestructuras de drenaje, como badenes, cunetas y alcantarillas.

Los sistemas de drenaje para carreteras cumplen básicamente dos propósitos: a) mantener la estabilidad del pavimento y cuerpo subterráneo y b) restaurar las características naturales o artificiales del terreno, el sistema de drenaje y/o conducción de agua, estructura construida anteriormente, que, si no se tiene cuidado, las estructuras viales pueden dañarlas o alterarlas, lo que puede provocar daños ambientales, algunos de los cuales pueden ser irreversibles.

Utilizando este criterio, se crean soluciones de ingeniería que, por su propia naturaleza, pueden agruparse del siguiente modo:

- Drenaje del Superficial.
- Drenaje Subterráneo.

#### **4.3.1. Drenaje Superficial**

##### **Consideración General**

##### **a. Fin del Drenaje Superficial**

La finalidad es alejar el agua de la carretera para proteger su accesibilidad, estabilidad y resistencia.

Para evitar daños totales o parciales en la carretera y disminuir los efectos medioambientales perjudiciales de las fluctuaciones del caudal a lo largo del recorrido, es esencial un drenaje adecuado.

El drenaje superficial abarca:

- La recopilación del agua procedente de los taludes y la plataforma.

- La evacuación del agua recolectada hacia cauces naturales

### b. Criterios Funcionales

Un drenaje adecuado es esencial para evitar daños parciales o totales a la carretera y para disminuir el impacto ambiental adverso de los cambios de caudal por alguna modificación de su curso.

- La solución técnica disponible
- La fácil obtención y el costo de mantenimiento y construcción.
- Correspondiente al daño final causado por el flujo de agua durante el período de retorno, es decir, el valor máximo durante el período de diseño.

El caudal se elige en función del ciclo de retorno y tiene en cuenta la posibilidad de que el elemento del sistema del drenaje longitudinal o transversal se obstruya:

- Ni la erosión ni la sedimentación pueden disminuir la velocidad del agua en la parte de drenaje superficial.
- Mantenga siempre el nivel máximo de agua de la capa de drenaje al menos a 0,10 metros del borde libre.

### c. Periodo de Retorno

En función de la probabilidad o el riesgo de que se supere ese caudal, debe elegirse el caudal de diseño para el que deben instalarse los componentes de drenaje superficial de la calzada. La probabilidad o el riesgo de una inundación a lo largo de varios años varía en función de su frecuencia de recurrencia histórica o período de retorno.

**Tabla 16.** *Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos periodos de retorno*

Periodo de retorno (años)	Años de vida útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.3%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%
10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%

**Fuente:** *Hidrología Estadística, Máximo Villón*



Para zanjas y tuberías de inundación, se aconseja un periodo de retorno mínimo de 10 años. El periodo sugerido para las aguas residuales directas es de 50 años. Dependiendo del tipo de actividad de recuperación, la tabla muestra el periodo de retorno sugerido.

**Tabla 17.** *Períodos de retorno para diseño de obras de drenaje en caminos de bajo volumen de tránsito*

Tipo de obra	Período de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

**Fuente:** *Hidrología Estadística, Máximo Villón*

#### 4.3.2. Intensidades máximas en 24 horas

Se ha obtenido con datos pluviométricos de la zona de estudio de dos estaciones del SENAMHI, donde se han recolectado información de los datos de precipitaciones máximas mensuales de la estación meteorológica Augusto Weberbauer y Granja Porcón, en el departamento y provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca.

En la Tabla 18 y la Tabla 19, se presenta el detalle de la ubicación (latitud, altitud y longitud) de la estación meteorológica de Augusto Weberbauer.

**Tabla 18.** *Datos de la estación meteorológica Augusto Weberbauer*

Información Hidrológica			COORDENADAS (UTM)			Periodo Registro
Estación	Provincia	Tipo de registro	Norte	Este	Altitud (msnm)	Años
Augusto Weberbauer	Cajamarca	Pluviométrico	776876.57	9206979.02	2673	1993-2023

**Fuente:** SENAMHI

**Tabla 19.** *Datos de la estación meteorológica Granja Porcón*

Información Hidrológica			COORDENADAS (UTM)			Periodo Registro
Estación	Provincia	Tipo de registro	Norte	Este	Altitud (msnm)	Años
Granja Porcón	Cajamarca	Pluviométrico	9221440.43	761445	3149	2003-2023

**Fuente:** SENAMHI

La información utilizada en esta estación dura 31 años, desde enero del año 2003 hasta mayo del 2023.

En la Tabla 20, se presenta la precipitación máxima mensual de los 31 años de data de la estación meteorológica Augusto Weberbauer.

**Tabla 20.** *Precipitaciones máximas mensuales estación Augusto Weberbauer.*

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1993	9.2	12.5	20.6	12.8	8	1.5	3.3	1.9	22.5	17	20.2	13.9
1994	14.2	18.7	24.5	22.7	4.9	1.4	0	0.2	3.1	8.7	21.3	28.5
1995	8.3	19.3	16.4	20.6	3.9	1.3	7.8	6.1	3	16.1	19.5	16
1996	11.3	25.6	16.6	15.7	3.4	0.4	0.4	6.4	3.7	13	35.1	10.5
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0	7.6	10.2	27.6	23.8
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	21.8	14.3	18.6	13.1
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5	10.9	3.3	17.9	20.4
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1	6.9	0	5.7	14.7	20.3	15.9
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	22.3	16.8	10.6
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6	10.2	4	9.5	28.1	22.7
2005	20.2	10	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3
2006	15.2	13.5	18.8	17	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4	20.6	12.3
2007	15.6	6.8	25.4	21	5.2	1.4	3	4	10.2	19	15.7	16.7
2008	20.2	17.1	23.6	27	7.4	6	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	0
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6
2010	14.6	36.4	34	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0	12.7	9.3	5.2	27.7
2012	18	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6
2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2
2015	23.3	14	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	17.9	17.3	4.5	11.9
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10.4	21.7	18.2	51.8
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5	0.4	0	11.2	13.7	14	16.2
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0	3	19	15.7	20.2
2020	11.4	6.5	11.9	0	0	0	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9
2022	12	27.4	40.4	22.3	20.7	3.6	4.4	9.2	7.8	9.6	5.9	15.5
2023	19.3	21.2	26.2	9.6	10	0	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** *SENAMHI*

En la Figura 33 se presenta el histograma de registro histórico de la estación de A. Weberbauer de las precipitaciones máximas en 24 horas mensuales desde el año 1993 hasta el año 2023, con una precipitación máxima de 51.8 mm en el mes de diciembre del año 2017.



**Figura 33.** Histograma de registro histórico estación Augusto Weberbauer

**Tabla 21.** Precipitaciones máximas mensuales estación Granja Porcón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	21.1	44.6	21.4	23.2	16.3	14.4	22.9	7.3	12.2	13.4	32.1	35.2
2004	23.4	46.7	37.7	26.4	15	5.1	13.4	10.9	20	23	32.6	47.1
2005	30.4	42.4	55.8	17.5	36.6	30.3	0	5.7	18.5	22.7	7.8	27.8
2006	25.7	25.6	34.6	47.3	21.1	13.9	2.5	7.3	28.2	7.8	44.9	25.6
2007	30	13.8	51.9	40.3	27.3	0.8	15	15	12.2	28.5	26.8	31.9
2008	33.9	36.5	43.9	30.9	15.5	30.2	5.3	4.6	34.6	23.8	21.4	20.0
2009	34.9	24.2	47.1	20.7	32.7	16.2	5.2	3	10.1	38.5	30.3	43.2
2010	17.6	54	38.8	49.6	29.2	18.3	15.9	33.3	5.9	31.1	22	29.6
2011	88.2	30.6	59.8	32	8.2	3.7	4.9	3.3	23.9	31.6	14	29.9
2012	34.8	58.8	21.6	34	17.2	18.8	0	23.4	17.4	18.7	32.7	21.0
2013	21.6	53.3	53.7	38	28.7	17.5	15.7	9	15.6	25.2	19.9	55.6
2014	24.1	25.5	42.2	17.2	14.5	2.4	6.6	9.1	17.8	20.2	26	20.8
2015	41.9	58.7	29.3	25.5	31	1.5	6.3	0.4	9	16.5	21.2	25.9
2016	22	24.9	32.5	34.5	13.2	25.1	0.7	0	15.5	44.1	22.9	27.5
2017	24	46.2	30.2	23.8	17	16.9	1.2	9.3	13.7	29.8	13.4	42.8
2018	65	27.7	24.7	34.3	22.9	5.7	0	1.5	19.1	34.9	27.3	27.2
2019	26.2	23.1	64.1	23.4	14.9	3.4	5.5	0	10.9	24.9	40.8	46.3
2020	16.9	38.6	34.7	15.7	8.5	11.9	13.3	14.4	5.8	28.4	20.7	59.9
2021	30.1	40.9	56.1	26.6	15.8	10.6	2	12.3	19.7	20.4	30.2	40.5
2022	30	38.3	28.2	26.5	11.2	20.1	4.8	13.1	15.4	16.6	7.3	41.1
2023	36.8	64.6	30.9	30.4	13.5	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI

En la Tabla 21 y en la Figura 34 se presenta el registro histórico de la estación de Granja Porcón de las precipitaciones máximas en 24 horas mensuales desde el año 2003 hasta el año 2023, con una precipitación máxima de 88.2 mm en el mes de diciembre del año 2011.



**Figura 34.** Histograma de registro histórico estación Granja Porcón

### 4.3.3. Distribución Gumbel

Para calcular la distribución de estadísticas de frecuencia, basadas en datos de precipitación anuales y teniendo en cuenta la Norma OS.060 (DRENAJE PLUVIAL URBANO) del Código Nacional de Construcción, la distribución de probabilidad de Gumbel para los 21 años de datos recopilados por SENAMHI se muestra en la Tabla 11.

Es necesario realizar los siguientes cálculos para el modelo de probabilidad de ocurrencia y para calcular las máximas precipitaciones diarias probables para diferentes periodos de retorno. El propósito del modelo de probabilidad

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Para calcular esta función, se deben obtener los siguientes parámetros: el promedio, la desviación estándar y las dos constantes requeridas por el método de distribución de probabilidades de Gumbel.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha$$

La Tabla 23 detalla el resultado del cálculo empleado en las ecuaciones mencionadas antes y tomando en cuenta la información de la distribución de probabilidades de Gumbel de la Tabla 22.

**Tabla 22.** *Parámetros estadísticos para el cálculo de la función de probabilidad*

<b>Parámetros Estadísticos</b>	<b>P24hr</b>	<b>Log(P24hr)</b>
Número de datos (N)	31	31
Sumatoria	892.4	44.8407
Valor Máximo	51.8	1.714
Valor Mínimo	17.2	1.236
Media:	28.787	1.446
Varianza:	53.824	0.0112
Desviación Estándar:	7.34	0.1057
Coefficiente Variación:	0.3692	0.0845
Coefficiente de Sesgo:	2.0267	0.8715
Coefficiente de Curtosis:	1.761	0.063

*Fuente: Extraído de Hidroesta2*

#### 4.3.4. Estación Augusto Weberbauer

Se ha evaluado las precipitaciones máximas para diferentes periodos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos en la estación A. Weberbauer, dichos resultados se presentan a continuación en la Tabla 23. Los datos procesados serán de 30 años de acuerdo a las recomendaciones del manual de carreteras del MTC de Hidrología e Hidráulica.

##### **Precipitación total**

Para el caso de duraciones de precipitaciones se va utilizar el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke para los diferentes periodos de duración en minutos.

$$Pd = P24h \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde

Pd = Precipitación total (mm).

d = Duración en minutos.

P<sub>24h</sub> = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

**Tabla 23.** Intensidades máximas para diferentes duraciones.

AÑO	P <sub>max 24 hr</sub>	Duración de lluvia en minutos					
		5	10	15	30	60	120
1994	28.5	83.016	49.362	36.42	21.656	12.876	7.6565
1995	20.6	60.012	35.682	26.324	15.652	9.307	5.534
1996	35.1	102.24	60.792	44.852	26.67	15.858	9.4295
1997	27.6	80.4	47.802	35.268	20.972	12.47	7.4145
1998	31.7	92.34	54.906	40.508	24.086	14.322	8.516
1999	38.8	113.028	67.206	49.58	29.482	17.53	10.4235
2000	36.1	105.156	62.526	46.132	27.43	16.31	9.698
2001	28.2	82.14	48.846	36.036	21.428	12.741	7.5755
2002	22.3	64.956	38.622	28.496	16.944	10.075	5.9905
2003	20.8	60.588	36.024	26.58	15.804	9.397	5.588
2004	28.1	81.852	48.672	35.908	21.352	12.696	7.549
2005	20.2	58.836	34.986	25.812	15.348	9.126	5.4265
2006	20.6	60.012	35.682	26.324	15.652	9.307	5.534
2007	25.4	73.992	43.992	32.46	19.3	11.476	6.8235
2008	27.0	78.648	46.764	34.504	20.516	12.199	7.2535
2009	22.2	64.668	38.454	28.368	16.868	10.03	5.964
2010	36.4	106.032	63.048	46.516	27.658	16.446	9.7785
2011	27.7	80.688	47.976	35.396	21.048	12.515	7.4415
2012	27.9	81.276	48.324	35.652	21.2	12.605	7.495
2013	35.3	102.828	61.14	45.108	26.822	15.949	9.483
2014	24.4	71.076	42.264	31.18	18.54	11.024	6.555
2015	25.4	73.992	43.992	32.46	19.3	11.476	6.8235
2016	32.4	94.38	56.118	41.404	24.618	14.638	8.704
2017	51.8	150.888	89.718	66.196	39.36	23.403	13.9155
2018	33.5	97.584	58.026	42.808	25.454	15.135	8.9995
2019	25.5	74.28	44.166	32.588	19.376	11.521	6.8505
2020	17.2	50.1	29.79	21.98	13.07	7.771	4.6205
2021	32.6	94.968	56.466	41.66	24.77	14.729	8.7575
2022	40.4	117.684	69.972	51.628	30.698	18.253	10.853
2023	26.2	76.32	45.378	33.48	19.908	11.837	7.0385

*Fuente:* Adaptado de Hidrología Estadística, Máximo Villón

A continuación, se van a evaluar el modelo Gumbel para los periodos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos, resultados que se presentan de la Tabla 24 a la Tabla 26.

**Tabla 24.** Modelo Gumbel para 5 minutos - Augusto Weberbauer

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x>X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	150.89	0.0323	0.9677	0.9895	0.0217	31.00
2	117.68	0.0645	0.9355	0.9258	0.0097	15.50
3	113.03	0.0968	0.9032	0.9032	0.0001	10.33
4	106.03	0.1290	0.8710	0.8566	0.0143	7.75
5	105.16	0.1613	0.8387	0.8495	0.0108	6.20
6	102.83	0.1935	0.8065	0.8291	0.0227	5.17
7	102.24	0.2258	0.7742	0.8236	0.0494	4.43
8	97.58	0.2581	0.7419	0.7739	0.0319	3.88
9	94.97	0.2903	0.7097	0.7410	0.0313	3.44
10	94.38	0.3226	0.6774	0.7331	0.0557	3.10
11	92.34	0.3548	0.6452	0.7042	0.0590	2.82
12	83.02	0.3871	0.6129	0.5421	0.0708	2.58
13	82.14	0.4194	0.5806	0.5245	0.0561	2.38
14	81.85	0.4516	0.5484	0.5187	0.0297	2.21
15	81.28	0.4839	0.5161	0.5069	0.0092	2.07
16	80.69	0.5161	0.4839	0.4947	0.0109	1.94
17	80.40	0.5484	0.4516	0.4887	0.0371	1.82
18	78.65	0.5806	0.4194	0.4516	0.0322	1.72
19	76.32	0.6129	0.3871	0.4011	0.0140	1.63
20	74.28	0.6452	0.3548	0.3562	0.0014	1.55
21	73.99	0.6774	0.3226	0.3499	0.0273	1.48
22	73.99	0.7097	0.2903	0.3499	0.0596	1.41
23	71.08	0.7419	0.2581	0.2865	0.0285	1.35
24	64.96	0.7742	0.2258	0.1650	0.0608	1.29
25	64.67	0.8065	0.1935	0.1599	0.0337	1.24
26	60.59	0.8387	0.1613	0.0964	0.0649	1.19
27	60.01	0.8710	0.1290	0.0888	0.0402	1.15
28	60.01	0.9032	0.0968	0.0888	0.0080	1.11
29	58.84	0.9355	0.0645	0.0744	0.0099	1.07
30	50.10	0.9677	0.0323	0.0125	0.0197	1.03
				Max P(x<X)-F(x<X)	0.0708	
<b>Promedio</b>	84.4660					
<b>Desv. Est.</b>	21.4594					
<b><math>\alpha</math></b>	0.0598					
<b><math>\beta</math></b>	74.8093					

**Tabla 25.** Modelo Gumbel para 10 minutos - Augusto Weberbauer

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x>X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	89.718	0.0323	0.9677	0.9895	0.0217	31.00
2	69.972	0.0645	0.9355	0.9258	0.0097	15.50
3	67.206	0.0968	0.9032	0.9032	0.0001	10.33
4	63.048	0.1290	0.8710	0.8567	0.0143	7.75
5	62.526	0.1613	0.8387	0.8495	0.0108	6.20
6	61.140	0.1935	0.8065	0.8291	0.0226	5.17
7	60.792	0.2258	0.7742	0.8236	0.0494	4.43
8	58.026	0.2581	0.7419	0.7739	0.0320	3.88
9	56.466	0.2903	0.7097	0.7410	0.0313	3.44
10	56.118	0.3226	0.6774	0.7331	0.0557	3.10
11	54.906	0.3548	0.6452	0.7042	0.0590	2.82
12	49.362	0.3871	0.6129	0.5421	0.0708	2.58
13	48.846	0.4194	0.5806	0.5247	0.0559	2.38
14	48.672	0.4516	0.5484	0.5188	0.0296	2.21
15	48.324	0.4839	0.5161	0.5068	0.0093	2.07
16	47.976	0.5161	0.4839	0.4947	0.0108	1.94
17	47.802	0.5484	0.4516	0.4886	0.0370	1.82
18	46.764	0.5806	0.4194	0.4516	0.0322	1.72
19	45.378	0.6129	0.3871	0.4010	0.0139	1.63
20	44.166	0.6452	0.3548	0.3562	0.0014	1.55
21	43.992	0.6774	0.3226	0.3498	0.0272	1.48
22	43.992	0.7097	0.2903	0.3498	0.0595	1.41
23	42.264	0.7419	0.2581	0.2866	0.0285	1.35
24	38.622	0.7742	0.2258	0.1650	0.0608	1.29
25	38.454	0.8065	0.1935	0.1600	0.0336	1.24
26	36.024	0.8387	0.1613	0.0963	0.0649	1.19
27	35.682	0.8710	0.1290	0.0888	0.0403	1.15
28	35.682	0.9032	0.0968	0.0888	0.0080	1.11
29	34.986	0.9355	0.0645	0.0745	0.0100	1.07
30	29.790	0.9677	0.0323	0.0125	0.0197	1.03
Max P(x<X)-F(x<X)					0.0708	

<b>Promedio</b>	50.2232
<b>Desv. Est.</b>	12.7597
<b><math>\alpha</math></b>	0.1005
<b><math>\beta</math></b>	44.4813



**Tabla 26.** Modelo Gumbel para 15 minutos - Augusto Weberbauer

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x>X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	66.20	0.0323	0.9677	0.9895	0.0217	31.00
2	51.63	0.0645	0.9355	0.9258	0.0097	15.50
3	49.58	0.0968	0.9032	0.9031	0.0001	10.33
4	46.52	0.1290	0.8710	0.8566	0.0143	7.75
5	46.13	0.1613	0.8387	0.8496	0.0109	6.20
6	45.11	0.1935	0.8065	0.8291	0.0226	5.17
7	44.85	0.2258	0.7742	0.8236	0.0494	4.43
8	42.81	0.2581	0.7419	0.7738	0.0319	3.88
9	41.66	0.2903	0.7097	0.7409	0.0313	3.44
10	41.40	0.3226	0.6774	0.7331	0.0557	3.10
11	40.51	0.3548	0.6452	0.7041	0.0590	2.82
12	36.42	0.3871	0.6129	0.5422	0.0707	2.58
13	36.04	0.4194	0.5806	0.5246	0.0560	2.38
14	35.91	0.4516	0.5484	0.5187	0.0297	2.21
15	35.65	0.4839	0.5161	0.5068	0.0094	2.07
16	35.40	0.5161	0.4839	0.4947	0.0108	1.94
17	35.27	0.5484	0.4516	0.4886	0.0370	1.82
18	34.50	0.5806	0.4194	0.4517	0.0323	1.72
19	33.48	0.6129	0.3871	0.4010	0.0139	1.63
20	32.59	0.6452	0.3548	0.3564	0.0015	1.55
21	32.46	0.6774	0.3226	0.3500	0.0274	1.48
22	32.46	0.7097	0.2903	0.3500	0.0596	1.41
23	31.18	0.7419	0.2581	0.2865	0.0284	1.35
24	28.50	0.7742	0.2258	0.1650	0.0608	1.29
25	28.37	0.8065	0.1935	0.1599	0.0337	1.24
26	26.58	0.8387	0.1613	0.0964	0.0649	1.19
27	26.32	0.8710	0.1290	0.0887	0.0403	1.15
28	26.32	0.9032	0.0968	0.0887	0.0080	1.11
29	25.81	0.9355	0.0645	0.0745	0.0100	1.07
30	21.98	0.9677	0.0323	0.0126	0.0197	1.03
Max P(x<X)-F(x<X)					0.0708	

<b>Promedio</b>	37.0543
<b>Desv. Est.</b>	9.4142
<b><math>\alpha</math></b>	0.1362
<b><math>\beta</math></b>	32.8179

En la Tabla 27 se presenta los resultados resumidos al evaluar el método Gumbel para los diferentes tiempos de evaluación.

**Tabla 27. Modelo Gumbel para 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos - Augusto Weberbauer**

MODELO GUMBEL				5 minutos			10 minutos			15 minutos			30 minutos			60 minutos			120 minutos		
m	P(x>X)	P(x<X)	Tr años 1/P(x)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)
	m/(N+1)	1-P(x>X)																			
1	0.0323	0.9677	31.00	150.89	0.9895	0.0217	89.72	0.9895	0.0217	66.1960	0.9895	0.0217	39.36	0.9895	0.0217	23.40	0.9895	0.0217	13.92	0.9895	0.0217
2	0.0645	0.9355	15.50	117.68	0.9258	0.0097	69.97	0.9258	0.0097	51.6280	0.9258	0.0097	30.70	0.9258	0.0097	18.25	0.9258	0.0097	10.85	0.9258	0.0097
3	0.0968	0.9032	10.33	113.03	0.9032	0.0001	67.21	0.9032	0.0001	49.5800	0.9031	0.0001	29.48	0.9031	0.0001	17.53	0.9031	0.0001	10.42	0.9031	0.0001
4	0.1290	0.8710	7.75	106.03	0.8566	0.0143	63.05	0.8567	0.0143	46.5160	0.8566	0.0143	27.66	0.8566	0.0143	16.45	0.8567	0.0143	9.78	0.8566	0.0143
5	0.1613	0.8387	6.20	105.16	0.8495	0.0108	62.53	0.8495	0.0108	46.1320	0.8496	0.0109	27.43	0.8495	0.0108	16.31	0.8496	0.0108	9.70	0.8496	0.0108
6	0.1935	0.8065	5.17	102.83	0.8291	0.0227	61.14	0.8291	0.0226	45.1080	0.8291	0.0226	26.82	0.8291	0.0226	15.95	0.8291	0.0227	9.48	0.8291	0.0226
7	0.2258	0.7742	4.43	102.24	0.8236	0.0494	60.79	0.8236	0.0494	44.8520	0.8236	0.0494	26.67	0.8236	0.0494	15.86	0.8236	0.0494	9.43	0.8236	0.0494
8	0.2581	0.7419	3.88	97.58	0.7739	0.0319	58.03	0.7739	0.0320	42.8080	0.7738	0.0319	25.45	0.7738	0.0319	15.14	0.7738	0.0319	9.00	0.7738	0.0319
9	0.2903	0.7097	3.44	94.97	0.7410	0.0313	56.47	0.7410	0.0313	41.6600	0.7409	0.0313	24.77	0.7409	0.0312	14.73	0.7409	0.0313	8.76	0.7409	0.0312
10	0.3226	0.6774	3.10	94.38	0.7331	0.0557	56.12	0.7331	0.0557	41.4040	0.7331	0.0557	24.62	0.7330	0.0556	14.64	0.7331	0.0556	8.70	0.7331	0.0557
11	0.3548	0.6452	2.82	92.34	0.7042	0.0590	54.91	0.7042	0.0590	40.5080	0.7041	0.0590	24.09	0.7041	0.0590	14.32	0.7042	0.0590	8.52	0.7042	0.0590
12	0.3871	0.6129	2.58	83.02	0.5421	0.0708	49.36	0.5421	0.0708	36.4200	0.5422	0.0707	21.66	0.5422	0.0707	12.88	0.5421	0.0708	7.66	0.5422	0.0707
13	0.4194	0.5806	2.38	82.14	0.5245	0.0561	48.85	0.5247	0.0559	36.0360	0.5246	0.0560	21.43	0.5247	0.0560	12.74	0.5247	0.0560	7.58	0.5246	0.0561
14	0.4516	0.5484	2.21	81.85	0.5187	0.0297	48.67	0.5188	0.0296	35.9080	0.5187	0.0297	21.35	0.5188	0.0296	12.70	0.5188	0.0296	7.55	0.5188	0.0296
15	0.4839	0.5161	2.07	81.28	0.5069	0.0092	48.32	0.5068	0.0093	35.6520	0.5068	0.0094	21.20	0.5068	0.0093	12.61	0.5068	0.0094	7.50	0.5068	0.0094
16	0.5161	0.4839	1.94	80.69	0.4947	0.0109	47.98	0.4947	0.0108	35.3960	0.4947	0.0108	21.05	0.4948	0.0109	12.52	0.4948	0.0109	7.44	0.4948	0.0109
17	0.5484	0.4516	1.82	80.40	0.4887	0.0371	47.80	0.4886	0.0370	35.2680	0.4886	0.0370	20.97	0.4887	0.0371	12.47	0.4887	0.0371	7.41	0.4887	0.0370
18	0.5806	0.4194	1.72	78.65	0.4516	0.0322	46.76	0.4516	0.0322	34.5040	0.4517	0.0323	20.52	0.4517	0.0323	12.20	0.4517	0.0323	7.25	0.4517	0.0323
19	0.6129	0.3871	1.63	76.32	0.4011	0.0140	45.38	0.4010	0.0139	33.4800	0.4010	0.0139	19.91	0.4011	0.0140	11.84	0.4010	0.0139	7.04	0.4011	0.0140
20	0.6452	0.3548	1.55	74.28	0.3562	0.0014	44.17	0.3562	0.0014	32.5880	0.3564	0.0015	19.38	0.3563	0.0014	11.52	0.3563	0.0014	6.85	0.3563	0.0014

21	0.6774	0.3226	1.48	73.99	0.3499	0.0273	43.99	0.3498	0.0272	32.4600	0.3500	0.0274	19.30	0.3499	0.0273	11.48	0.3499	0.0273	6.82	0.3498	0.0273						
22	0.7097	0.2903	1.41	73.99	0.3499	0.0596	43.99	0.3498	0.0595	32.4600	0.3500	0.0596	19.30	0.3499	0.0595	11.48	0.3499	0.0596	6.82	0.3498	0.0595						
23	0.7419	0.2581	1.35	71.08	0.2865	0.0285	42.26	0.2866	0.0285	31.1800	0.2865	0.0284	18.54	0.2865	0.0285	11.02	0.2865	0.0285	6.56	0.2865	0.0285						
24	0.7742	0.2258	1.29	64.96	0.1650	0.0608	38.62	0.1650	0.0608	28.4960	0.1650	0.0608	16.94	0.1650	0.0608	10.08	0.1650	0.0608	5.99	0.1650	0.0608						
25	0.8065	0.1935	1.24	64.67	0.1599	0.0337	38.45	0.1600	0.0336	28.3680	0.1599	0.0337	16.87	0.1599	0.0337	10.03	0.1599	0.0337	5.96	0.1599	0.0336						
26	0.8387	0.1613	1.19	60.59	0.0964	0.0649	36.02	0.0963	0.0649	26.5800	0.0964	0.0649	15.80	0.0964	0.0649	9.40	0.0964	0.0649	5.59	0.0964	0.0649						
27	0.8710	0.1290	1.15	60.01	0.0888	0.0402	35.68	0.0888	0.0403	26.3240	0.0887	0.0403	15.65	0.0887	0.0403	9.31	0.0887	0.0403	5.53	0.0887	0.0403						
28	0.9032	0.0968	1.11	60.01	0.0888	0.0080	35.68	0.0888	0.0080	26.3240	0.0887	0.0080	15.65	0.0887	0.0081	9.31	0.0887	0.0080	5.53	0.0887	0.0080						
29	0.9355	0.0645	1.07	58.84	0.0744	0.0099	34.99	0.0745	0.0100	25.8120	0.0745	0.0100	15.35	0.0745	0.0100	9.13	0.0745	0.0100	5.43	0.0745	0.0100						
30	0.9677	0.0323	1.03	50.10	0.0125	0.0197	29.79	0.0125	0.0197	21.9800	0.0126	0.0197	13.07	0.0126	0.0197	7.77	0.0126	0.0197	4.62	0.0125	0.0197						
				Max $ P(x<X)-F(x<X) $				0.0708				0.0708				0.0708				0.0708				0.0708			
<b>Promedio</b>		84.4660				50.2232				37.0543				22.0327				13.1007				7.7897					
<b>Desv. Est.</b>		21.4594				12.7597				9.4142				5.5977				3.3284				1.9790					
<b><math>\alpha</math></b>		0.0598				0.1005				0.1362				0.2291				0.3853				0.6480					
<b><math>\beta</math></b>		74.8093				44.4813				32.8179				19.5138				11.6030				6.8992					

**Tabla 28.** Valor crítico de  $D_0$  del estadístico Smirnov - Kolmogorov, para varios valores de  $N$  y valores de significación

TAMAÑO MUESTRAL	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN			
	0.20	0.10	0.05	0.01
$N$				
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
<b>30</b>	0.19	0.22	<b>0.24</b>	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$N > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

**Fuente:** Hidrología Estadística, Máximo Villón

En la Tabla 29 se presenta la prueba de bondad de ajuste para los tiempos de duración de 5,10,15,30,60 y 120 minutos evaluados para el valor crítico  $D_0$ , para  $b=0.05$ .

**Tabla 29.** Prueba de bondad de ajuste para 5,10,15,30,60 y 120 minutos

Si:  $N = 30$

Periodo de Duración (min)	Estadístico Smirnov – Kolmogorov	Valor Crítico $D_0$ Para $\alpha = 0,05$	Criterio de Decisión
5	0.0708	0.2400	O.K.
10	0.0708	0.2400	O.K.
15	0.0708	0.2400	O.K.
30	0.0708	0.2400	O.K.
60	0.0708	0.2400	O.K.
120	0.0708	0.2400	O.K.

**Fuente:** Hidrología Estadística, Máximo Villón

**Tabla 30.** Modelamiento de intensidades en función de "N" y "J"

Estación Augusto Weberbauer						
PARÁMETROS	5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	60 MIN	120 MIN
Promedio	84.47	50.22	37.05	22.03	13.10	7.79
Desv. Est.	21.46	12.76	9.41	5.60	3.33	1.98
$\alpha$	0.06	0.10	0.14	0.23	0.39	0.65
$\beta$	74.81	44.48	32.82	19.51	11.60	6.90

**Fuente:** Hidrología Estadística, Máximo Villón

Se denomina **riesgo de fallo** a la probabilidad de que se produzca un suceso con un periodo de retorno “ $T_r$ ” en alguno de los próximos “ $n$ ” años. Por lo que la evaluación del periodo de retorno a partir del riesgo de falla, se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_r = \frac{1}{1 - e^{\left(\frac{\ln(1-J)}{n}\right)}}$$

En la Tabla 31 se muestra los resultados de los cálculos de intensidades en función de los tiempos de vida útil de las estructuras a diseñar.

A continuación, se va a evaluar las intensidades máximas considerando el riesgo de falla que establece el manual de hidrología, los periodos de duración y tiempos de retorno.

**Tabla 31.** Cálculo de intensidades máximas - Augusto Weberbauer

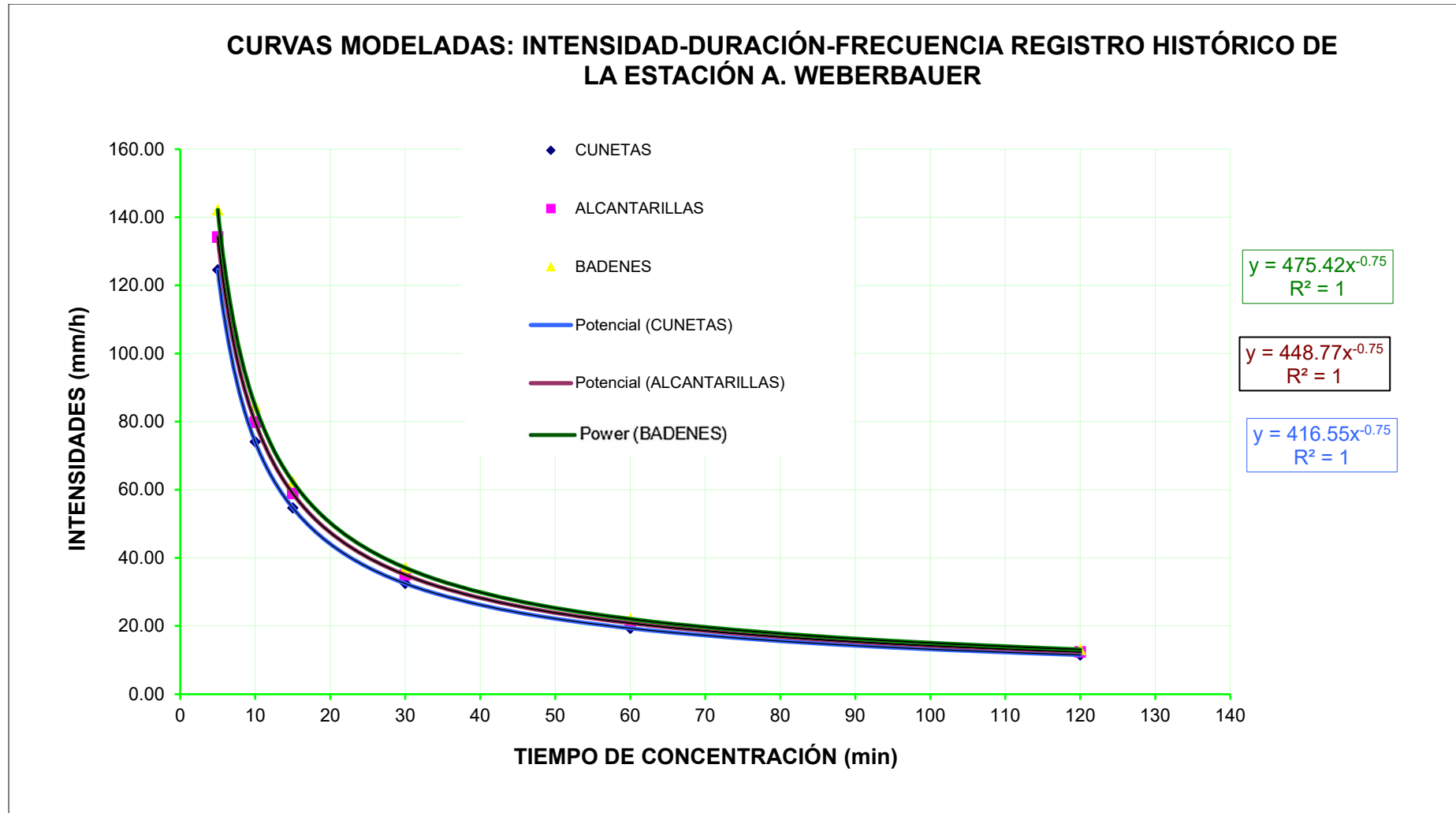
VIDA ÚTIL AÑOS	RIESGO DE FALLA J(%)	TIEMPO DE RETORNO	INTENSIDADES $X = \beta - \frac{1}{\alpha} \times \text{Ln} \times \left[ -\text{Ln} \times \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]$					
			5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	60 MIN	120 MIN
"N"	J (%)	Tr (AÑOS)						
5	10	47.96	139.39	82.88	61.15	36.36	21.62	12.86
	20	22.91	126.84	75.42	55.64	33.09	19.67	11.70
	30	14.52	118.99	70.75	52.20	31.04	18.46	10.97
	40	10.30	112.98	67.18	49.56	29.47	17.52	10.42
	50	7.73	107.87	64.14	47.32	28.14	16.73	9.95
	60	5.97	103.20	61.36	45.27	26.92	16.01	9.52
10	10	95.41	150.99	89.78	66.24	39.39	23.42	13.92
	20	45.32	138.43	82.31	60.73	36.11	21.47	12.77
	30	28.54	130.59	77.65	57.29	34.06	20.25	12.04
	<b>40</b>	<b>20.08</b>	<b>124.58</b>	<b>74.07</b>	<b>54.65</b>	<b>32.50</b>	<b>19.32</b>	<b>11.49</b>
	50	14.93	119.47	71.04	52.41	31.16	18.53	11.02
	60	11.42	114.80	68.26	50.36	29.95	17.81	10.59
15	10	142.87	157.78	93.81	69.22	41.16	24.47	14.55
	20	67.72	145.22	86.35	63.71	37.88	22.52	13.39
	30	42.56	137.37	81.68	60.26	35.83	21.31	12.67
	40	29.87	131.36	78.11	57.63	34.27	20.37	12.11
	<b>35</b>	<b>35.32</b>	<b>134.21</b>	<b>79.80</b>	<b>58.88</b>	<b>35.01</b>	<b>20.82</b>	<b>12.38</b>
	60	16.88	121.58	72.29	53.34	31.72	18.86	11.21
20	10	190.32	162.59	96.68	71.33	42.41	25.22	14.99
	20	90.13	150.03	89.21	65.82	39.14	23.27	13.84
	<b>30</b>	<b>56.57</b>	<b>142.19</b>	<b>84.54</b>	<b>62.38</b>	<b>37.09</b>	<b>22.05</b>	<b>13.11</b>
	40	39.65	136.17	80.97	59.74	35.52	21.12	12.56
	50	29.36	131.07	77.93	57.50	34.19	20.33	12.09
	60	22.33	126.40	75.16	55.45	32.97	19.60	11.66

Valores de  $I_{max}$ , para diferentes  $D$  en min y para  $T = 10, 15$  y  $20$  años

**Tabla 32.** Modelamiento de intensidades - Augusto Weberbauer

MODELAMIENTO DE INTENSIDADES PARA UNA CARRETERA EN FUNCIÓN DE LA VIDA ÚTIL Y TIEMPO DE RETORNO								
OBRA DE ARTE	VIDA ÚTIL (años)	TIEMPO DE RETORNO (años)	5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	60 MIN	120 MIN
<b>Cunetas</b>	10	<b>20.08</b>	124.58	74.07	54.65	32.50	19.32	11.49
<b>Alcantarillas</b>	15	<b>35.32</b>	134.21	79.80	58.88	35.01	20.82	12.38
<b>Badenes</b>	20	<b>56.57</b>	142.19	84.54	62.38	37.09	22.05	13.11

En la Figura 35, mediante la ecuación general de la curva IDF calculada anteriormente, se ha obtenido la siguiente gráfica de curvas IDF para diferentes tiempos de concentración.



**Figura 35.** *Curvas IDF de la estación Augusto Weberbauer*

#### 4.3.5. Estación Granja Porcón

**Precipitación total:** Para el caso de duraciones de precipitaciones se va utilizar el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke para los diferentes periodos de duración en minutos.

$$Pd = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde

$Pd$  = Precipitación total (mm).

$d$  = Duración en minutos.

$P_{24h}$  = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

Se ha evaluado las precipitaciones máximas de acuerdo a los periodos de retorno evaluados en la estación Granja Porcón, dichos resultados se presentan a continuación en la Tabla 33 de las precipitaciones máximas.

**Tabla 33.** Cálculo de *Intensidades (mm/h) - Granja Porcón*

AÑO	$P_{\max 24 \text{ hr}}$	Intensidades					
		5	10	15	30	60	120
2003	44.6	256.92	152.77	112.71	67.02	39.85	23.69
2004	47.1	189.34	112.58	83.06	49.39	29.37	17.46
2005	55.8	188.18	111.89	82.55	49.09	29.19	17.35
2006	47.3	186.72	111.02	81.91	48.71	28.96	17.22
2007	51.9	174.49	103.75	76.55	45.51	27.06	16.09
2008	43.9	171.28	101.84	75.14	44.68	26.57	15.80
2009	47.1	170.99	101.67	75.01	44.60	26.52	15.77
2010	54.0	163.42	97.17	71.69	42.63	25.35	15.07
2011	88.2	162.54	96.65	71.31	42.40	25.21	14.99
2012	58.8	161.96	96.30	71.05	42.25	25.12	14.94
2013	55.6	157.30	93.53	69.01	41.03	24.40	14.51
2014	42.2	151.18	89.89	66.32	39.44	23.45	13.94
2015	58.7	137.78	81.93	60.44	35.94	21.37	12.71
2016	44.1	137.20	81.58	60.19	35.79	21.28	12.65
2017	46.2	137.20	81.58	60.19	35.79	21.28	12.65
2018	65.0	134.58	80.02	59.04	35.10	20.87	12.41



<b>2019</b>	64.1	129.92	77.25	56.99	33.89	20.15	11.98
<b>2020</b>	59.9	128.46	76.38	56.35	33.51	19.92	11.85
<b>2021</b>	56.1	127.88	76.04	56.10	33.36	19.83	11.79
<b>2022</b>	41.1	122.93	73.09	53.93	32.07	19.07	11.34
<b>2023</b>	64.6	119.72	71.19	52.52	31.23	18.57	11.04

A continuación, se presenta los resultados de evaluar el modelo Gumbel para los periodos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos, resultados que se presentan de la Tabla 34 a la Tabla 36.

**Tabla 34. Modelo Gumbel para 5 minutos – Granja Porcón**

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x<X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	256.92	0.0455	0.9545	0.9897	0.0352	22.00
2	189.34	0.0909	0.9091	0.8550	0.0541	11.00
3	188.18	0.1364	0.8636	0.8486	0.0151	7.33
4	186.72	0.1818	0.8182	0.8402	0.0220	5.50
5	174.49	0.2273	0.7727	0.7521	0.0206	4.40
6	171.28	0.2727	0.7273	0.7232	0.0040	3.67
7	170.99	0.3182	0.6818	0.7205	0.0387	3.14
8	163.42	0.3636	0.6364	0.6410	0.0047	2.75
9	162.54	0.4091	0.5909	0.6309	0.0400	2.44
10	161.96	0.4545	0.5455	0.6241	0.0786	2.20
11	157.30	0.5000	0.5000	0.5662	0.0662	2.00
12	151.18	0.5455	0.4545	0.4831	0.0286	1.83
13	137.78	0.5909	0.4091	0.2873	0.1218	1.69
14	137.20	0.6364	0.3636	0.2789	0.0848	1.57
15	137.20	0.6818	0.3182	0.2789	0.0393	1.47
16	134.58	0.7273	0.2727	0.2419	0.0308	1.38
17	129.92	0.7727	0.2273	0.1805	0.0467	1.29
18	128.46	0.8182	0.1818	0.1628	0.0190	1.22
19	127.88	0.8636	0.1364	0.1560	0.0196	1.16
20	122.93	0.9091	0.0909	0.1035	0.0126	1.10
21	119.72	0.9545	0.0455	0.0758	0.0303	1.05
				Max P(x<X)-F(x<X)	0.1218	
<b>Promedio</b>	157.6184					
<b>Desv. Est.</b>	31.8718					
<b><math>\alpha</math></b>	0.0402					
<b><math>\beta</math></b>	143.2760					

**Tabla 35. Modelo Gumbel para 10 minutos – Granja Porcón**

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x<X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	152.767	0.0455	0.9545	0.9897	0.0352	22.00
2	112.583	0.0909	0.9091	0.8550	0.0541	11.00
3	111.890	0.1364	0.8636	0.8486	0.0151	7.33
4	111.024	0.1818	0.8182	0.8402	0.0220	5.50
5	103.750	0.2273	0.7727	0.7521	0.0206	4.40
6	101.845	0.2727	0.7273	0.7232	0.0040	3.67
7	101.671	0.3182	0.6818	0.7205	0.0387	3.14
8	97.168	0.3636	0.6364	0.6410	0.0047	2.75
9	96.648	0.4091	0.5909	0.6309	0.0400	2.44
10	96.302	0.4545	0.5455	0.6241	0.0786	2.20
11	93.531	0.5000	0.5000	0.5662	0.0662	2.00
12	89.893	0.5455	0.4545	0.4831	0.0286	1.83
13	81.926	0.5909	0.4091	0.2873	0.1218	1.69
14	81.580	0.6364	0.3636	0.2789	0.0848	1.57
15	81.580	0.6818	0.3182	0.2789	0.0393	1.47
16	80.021	0.7273	0.2727	0.2419	0.0308	1.38
17	77.249	0.7727	0.2273	0.1805	0.0467	1.29
18	76.383	0.8182	0.1818	0.1628	0.0190	1.22
19	76.037	0.8636	0.1364	0.1560	0.0196	1.16
20	73.093	0.9091	0.0909	0.1035	0.0126	1.10
21	71.187	0.9545	0.0455	0.0758	0.0303	1.05
Max P(x<X)-F(x<X)					0.1218	

<b>Promedio</b>	93.7204
<b>Desv. Est.</b>	18.9511
<b><math>\alpha</math></b>	0.0677
<b><math>\beta</math></b>	85.1924

**Tabla 36. Modelo Gumbel para 15 minutos – Granja Porcón**

m	Intensidades Ord. Desc.	P(x<X)	P(x<X)	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Tr años 1/P(x)
		m/(N+1)	1-P(x>X)			
1	112.71	0.0455	0.9545	0.9897	0.0352	22.00
2	83.06	0.0909	0.9091	0.8550	0.0541	11.00
3	82.55	0.1364	0.8636	0.8486	0.0151	7.33
4	81.91	0.1818	0.8182	0.8402	0.0220	5.50
5	76.55	0.2273	0.7727	0.7521	0.0206	4.40
6	75.14	0.2727	0.7273	0.7232	0.0040	3.67
7	75.01	0.3182	0.6818	0.7205	0.0387	3.14
8	71.69	0.3636	0.6364	0.6410	0.0047	2.75
9	71.31	0.4091	0.5909	0.6309	0.0400	2.44
10	71.05	0.4545	0.5455	0.6241	0.0786	2.20
11	69.01	0.5000	0.5000	0.5662	0.0662	2.00
12	66.32	0.5455	0.4545	0.4831	0.0286	1.83
13	60.44	0.5909	0.4091	0.2873	0.1218	1.69
14	60.19	0.6364	0.3636	0.2789	0.0848	1.57
15	60.19	0.6818	0.3182	0.2789	0.0393	1.47
16	59.04	0.7273	0.2727	0.2419	0.0308	1.38
17	56.99	0.7727	0.2273	0.1805	0.0467	1.29
18	56.35	0.8182	0.1818	0.1628	0.0190	1.22
19	56.10	0.8636	0.1364	0.1560	0.0196	1.16
20	53.93	0.9091	0.0909	0.1035	0.0126	1.10
21	52.52	0.9545	0.0455	0.0758	0.0303	1.05
Max P(x<X)-F(x<X)					0.1218	

<b>Promedio</b>	69.1458
<b>Desv. Est.</b>	13.9819
<b><math>\alpha</math></b>	0.0917
<b><math>\beta</math></b>	62.8540

En la Tabla 37 se presenta los resultados resumidos al evaluar el método Gumbel para los diferentes tiempos de evaluación de la Granja Porcón, del periodo de 21 años de datos que se han evaluado.

**Tabla 37. Modelo Gumbel Para 5, 10, 15, 30, 60, 120 Minutos**

MODELO GUMBEL				5 minutos			10 minutos			15 minutos			30 minutos			60 minutos			120 minutos		
m	P(x<X)	P(x<X) 1- P(x>X)	Tr años 1/P(x)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)	Intensidades Ord. Desc.	F(x<X)	P(x<X)- F(x<X)
	m/(N+1)																				
1	0.0455	0.9545	22.00	256.92	0.9897	0.0352	152.77	0.9897	0.0352	112.7096	0.9897	0.0352	67.02	0.9897	0.0352	39.85	0.9897	0.0352	23.69	0.9897	0.0352
2	0.0909	0.9091	11.00	189.34	0.8550	0.0541	112.58	0.8550	0.0541	83.0626	0.8550	0.0541	49.39	0.8550	0.0541	29.37	0.8550	0.0541	17.46	0.8550	0.0541
3	0.1364	0.8636	7.33	188.18	0.8486	0.0151	111.89	0.8486	0.0151	82.5514	0.8486	0.0151	49.09	0.8486	0.0151	29.19	0.8486	0.0151	17.35	0.8486	0.0151
4	0.1818	0.8182	5.50	186.72	0.8402	0.0220	111.02	0.8402	0.0220	81.9125	0.8402	0.0220	48.71	0.8402	0.0220	28.96	0.8402	0.0220	17.22	0.8402	0.0220
5	0.2273	0.7727	4.40	174.49	0.7521	0.0206	103.75	0.7521	0.0206	76.5454	0.7521	0.0206	45.51	0.7521	0.0206	27.06	0.7521	0.0206	16.09	0.7521	0.0206
6	0.2727	0.7273	3.67	171.28	0.7232	0.0040	101.84	0.7232	0.0040	75.1397	0.7232	0.0040	44.68	0.7232	0.0040	26.57	0.7232	0.0040	15.80	0.7232	0.0040
7	0.3182	0.6818	3.14	170.99	0.7205	0.0387	101.67	0.7205	0.0387	75.0119	0.7205	0.0387	44.60	0.7205	0.0387	26.52	0.7205	0.0387	15.77	0.7205	0.0387
8	0.3636	0.6364	2.75	163.42	0.6410	0.0047	97.17	0.6410	0.0047	71.6894	0.6410	0.0047	42.63	0.6410	0.0047	25.35	0.6410	0.0047	15.07	0.6410	0.0047
9	0.4091	0.5909	2.44	162.54	0.6309	0.0400	96.65	0.6309	0.0400	71.3061	0.6309	0.0400	42.40	0.6309	0.0400	25.21	0.6309	0.0400	14.99	0.6309	0.0400
10	0.4545	0.5455	2.20	161.96	0.6241	0.0786	96.30	0.6241	0.0786	71.0505	0.6241	0.0786	42.25	0.6241	0.0786	25.12	0.6241	0.0786	14.94	0.6241	0.0786
11	0.5000	0.5000	2.00	157.30	0.5662	0.0662	93.53	0.5662	0.0662	69.0059	0.5662	0.0662	41.03	0.5662	0.0662	24.40	0.5662	0.0662	14.51	0.5662	0.0662
12	0.5455	0.4545	1.83	151.18	0.4831	0.0286	89.89	0.4831	0.0286	66.3223	0.4831	0.0286	39.44	0.4831	0.0286	23.45	0.4831	0.0286	13.94	0.4831	0.0286
13	0.5909	0.4091	1.69	137.78	0.2873	0.1218	81.93	0.2873	0.1218	60.4440	0.2873	0.1218	35.94	0.2873	0.1218	21.37	0.2873	0.1218	12.71	0.2873	0.1218
14	0.6364	0.3636	1.57	137.20	0.2789	0.0848	81.58	0.2789	0.0848	60.1884	0.2789	0.0848	35.79	0.2789	0.0848	21.28	0.2789	0.0848	12.65	0.2789	0.0848
15	0.6818	0.3182	1.47	137.20	0.2789	0.0393	81.58	0.2789	0.0393	60.1884	0.2789	0.0393	35.79	0.2789	0.0393	21.28	0.2789	0.0393	12.65	0.2789	0.0393
16	0.7273	0.2727	1.38	134.58	0.2419	0.0308	80.02	0.2419	0.0308	59.0383	0.2419	0.0308	35.10	0.2419	0.0308	20.87	0.2419	0.0308	12.41	0.2419	0.0308
17	0.7727	0.2273	1.29	129.92	0.1805	0.0467	77.25	0.1805	0.0467	56.9937	0.1805	0.0467	33.89	0.1805	0.0467	20.15	0.1805	0.0467	11.98	0.1805	0.0467
18	0.8182	0.1818	1.22	128.46	0.1628	0.0190	76.38	0.1628	0.0190	56.3548	0.1628	0.0190	33.51	0.1628	0.0190	19.92	0.1628	0.0190	11.85	0.1628	0.0190
19	0.8636	0.1364	1.16	127.88	0.1560	0.0196	76.04	0.1560	0.0196	56.0992	0.1560	0.0196	33.36	0.1560	0.0196	19.83	0.1560	0.0196	11.79	0.1560	0.0196
20	0.9091	0.0909	1.10	122.93	0.1035	0.0126	73.09	0.1035	0.0126	53.9268	0.1035	0.0126	32.07	0.1035	0.0126	19.07	0.1035	0.0126	11.34	0.1035	0.0126
21	0.9545	0.0455	1.05	119.72	0.0758	0.0303	71.19	0.0758	0.0303	52.5211	0.0758	0.0303	31.23	0.0758	0.0303	18.57	0.0758	0.0303	11.04	0.0758	0.0303
Max P(x<X)- F(x<X)				0.1218			0.1218			0.1218			0.1218			0.1218			0.1218		
<b>Promedio</b>				157.6184			93.7204			69.1458			41.1143			24.4467			14.5361		
<b>Desv. Est.</b>				31.8718			18.9511			13.9819			8.3137			4.9433			2.9393		
<b>α</b>				0.0402			0.0677			0.0917			0.1543			0.2594			0.4363		
<b>β</b>				143.2760			85.1924			62.8540			37.3732			22.2222			13.2134		

**Tabla 38.** Valores críticos de  $D_0$  del estadístico Smirnov - Kolmogorov, para varios valores de  $N$  y valores de significación

TAMAÑO MUESTRAL	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN			
	0.20	0.10	0.05	0.01
$N$				
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$N > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: Hidrología Estadística, Máximo Villón B. Pág. 108

En la Tabla 39 se presenta la prueba de bondad de ajuste para los tiempos de duración de 5,10,15,30,60 y 120 minutos evaluados para el valor crítico  $D_0$ , para  $b=0.05$ .

**Tabla 39.** Prueba de bondad de ajuste para 5,10,15,30,60 y 120 minutos

Si:  $N = 21$

Periodo de Duración (min)	Estadístico Smirnov-Kolmogorov	Valor Crítico $D_0$ Para $\alpha = 0,05$	Criterio de Decisión
5	0.1218	0.2860	O. K.
10	0.1218	0.2860	O. K.
15	0.1218	0.2860	O. K.
30	0.1218	0.2860	O. K.
60	0.1218	0.2860	O. K.
120	0.1218	0.2860	O. K.

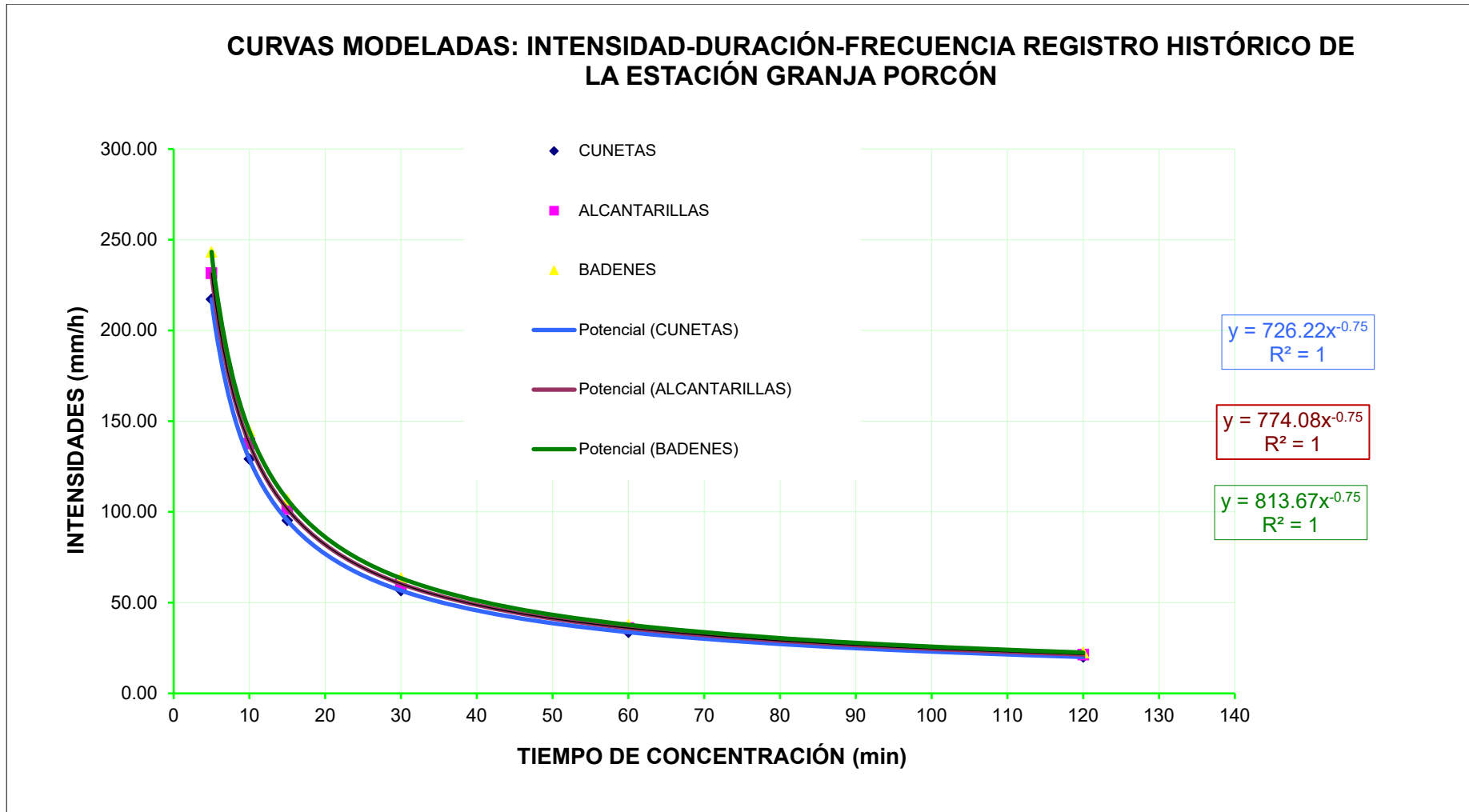
Al haber comprobado los datos de la estación con la prueba de bondad, a continuación, se va a evaluar las intensidades máximas considerando los periodos de duración y tiempos de retornos.

**Tabla 40.** Cálculo de intensidades máximas - Granja Porcón

VIDA ÚTIL AÑOS	RIESGO DE FALLA J (%)	TIEMPO DE RETORNO	INTENSIDADES $x = \beta - \frac{1}{\alpha} \times \text{Ln} \times \left[ -\text{Ln} \times \left( 1 - \frac{1}{\text{Tr}} \right) \right]$					
			5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	60 MIN	120 MIN
"N"	J (%)	Tr (AÑOS)						
5	10	47.96	239.20	142.23	104.93	62.39	37.10	22.06
	20	22.91	220.55	131.14	96.75	57.53	34.21	20.34
	30	14.52	208.89	124.21	91.64	54.49	32.40	19.26
	40	10.30	199.97	118.90	87.72	52.16	31.01	18.44
	50	7.73	192.38	114.39	84.40	50.18	29.84	17.74
	60	5.97	185.45	110.27	81.35	48.37	28.76	17.10
10	10	95.41	256.42	152.47	112.49	66.89	39.77	23.65
	20	45.32	237.77	141.38	104.31	62.02	36.88	21.93
	30	28.54	226.12	134.45	99.20	58.98	35.07	20.85
	<b>40</b>	<b>20.08</b>	<b>217.19</b>	<b>129.14</b>	<b>95.28</b>	<b>56.65</b>	<b>33.69</b>	<b>20.03</b>
	50	14.93	209.61	124.63	91.95	54.68	32.51	19.33
	60	11.42	202.67	120.51	88.91	52.87	31.43	18.69
15	10	142.87	266.50	158.46	116.91	69.52	41.33	24.58
	20	67.72	247.85	147.37	108.73	64.65	38.44	22.86
	30	42.56	236.19	140.44	103.62	61.61	36.63	21.78
	<b>35</b>	<b>35.32</b>	<b>231.50</b>	<b>137.65</b>	<b>101.56</b>	<b>60.39</b>	<b>35.91</b>	<b>21.35</b>
	40	29.87	227.27	135.13	99.70	59.28	35.25	20.96
	60	16.88	212.75	126.50	93.33	55.49	33.00	19.62
20	10	190.32	273.65	162.71	120.05	71.38	42.44	25.24
	20	90.13	255.00	151.62	111.87	66.52	39.55	23.52
	<b>30</b>	<b>56.57</b>	<b>243.34</b>	<b>144.69</b>	<b>106.75</b>	<b>63.48</b>	<b>37.74</b>	<b>22.44</b>
	40	39.65	234.42	139.39	102.84	61.15	36.36	21.62
	50	29.36	226.83	134.88	99.51	59.17	35.18	20.92
	60	22.33	219.90	130.75	96.47	57.36	34.11	20.28

**Tabla 41.** Modelamiento de intensidades - Granja Porcón

OBRA DE ARTE	VIDA ÚTIL (años)	TIEMPO DE RETORNO (años)	5 MIN	10 MIN	15 MIN	30 MIN	60 MIN	120 MIN
<b>Cunetas</b>	10	20.08	217.19	129.14	95.28	56.65	33.69	20.03
<b>Alcantarillas</b>	15	35.32	231.50	137.65	101.56	60.39	35.91	21.35
<b>Badenes</b>	20	56.57	243.34	144.69	106.75	63.48	37.74	22.44



**Figura 36.** *Curvas IDF de la estación Granja Porcón*

#### 4.4. Estimación de caudales con fines de drenaje pluvial

##### 4.4.1. Análisis de la cuenca principal

Morfología

##### *Área de la Cuenca (Ac)*

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

$$Ac = 55.12 \text{ km}^2$$

##### *Perímetro (Pc)*

Longitud de la línea de divortium aquarum

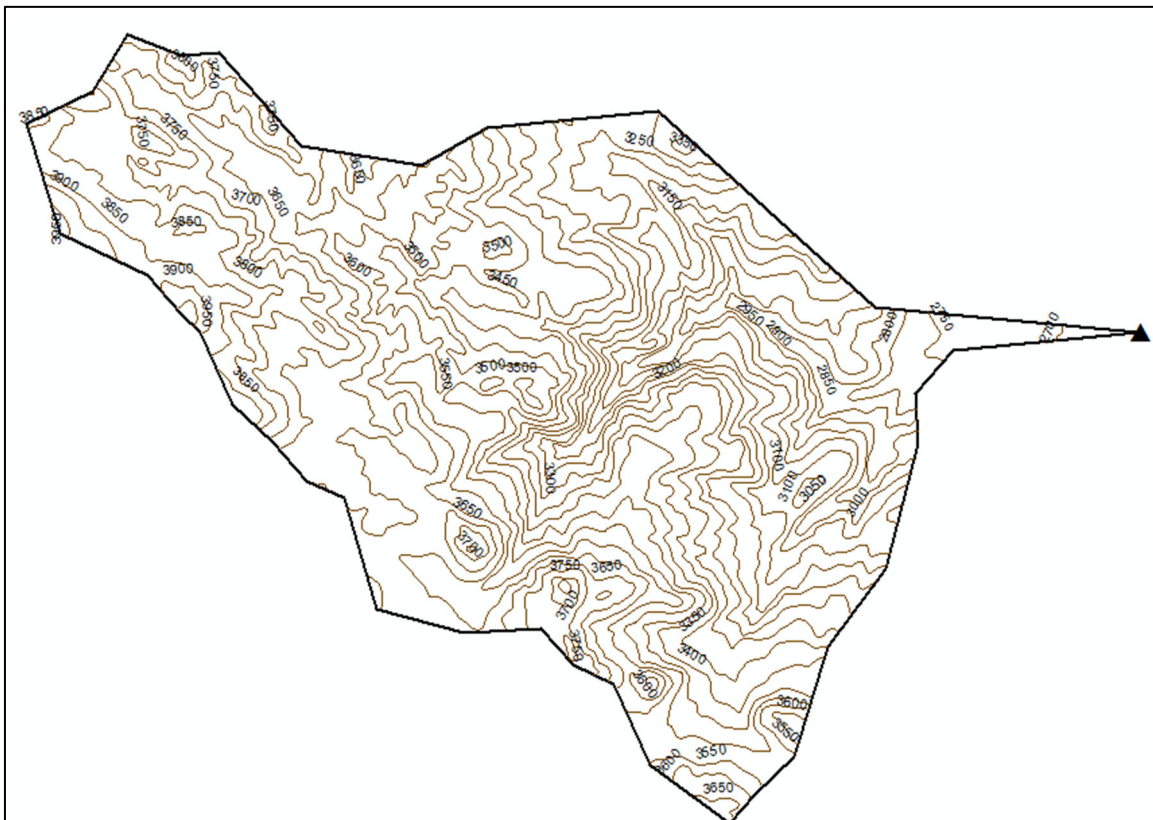
$$Pc = 38.02 \text{ Km}$$

##### *Índice de Compacidad (Kc)*

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

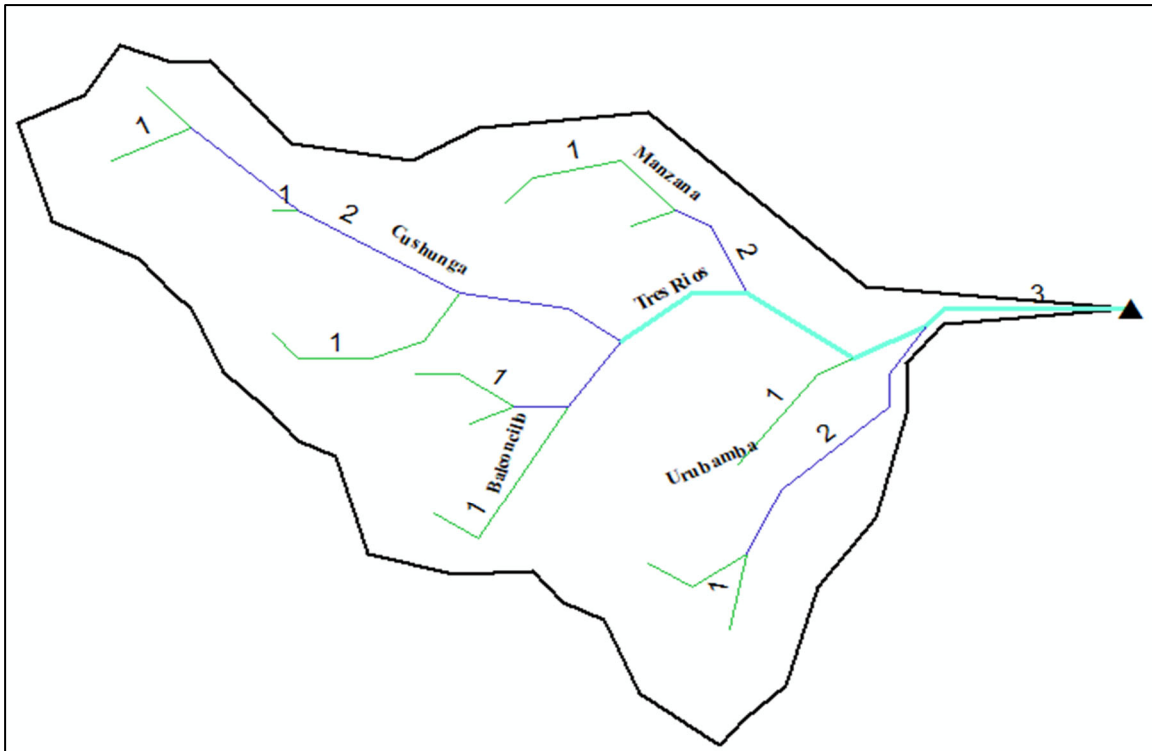
$$Kc = 0.2821x(38.02)x(55.12)^{-\frac{1}{2}}$$

$$Kc = 1.445$$



**Figura 37.** Curvas de nivel de la cuenca Tres Ríos





**Figura 38.** Ríos principales de la cuenca Tres Ríos

#### **Factor De Forma (F)**

Se va a determinar el parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal.

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = 55.12 / (7.015)^{(2)}$$

$$F = 1.12$$

#### **Rectángulo Equivalente**

$$a = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$a = 6.49 \text{ km}$$

$$b = 8.48 \text{ km}$$

### ***Pendiente de la Cuenca (Sc)***

Es la pendiente media de la cuenca. Está relacionado con el coeficiente de flujo y el grado de erosión de la cuenca.

Según Alvord:

$$Sc = \frac{E \times \sum Lcn}{A}$$

Donde:

*E*: equidistancia entre curvas de nivel (km)

*A*: área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

*Lcn*: longitud de cada curva de nivel (km)

$$E = 0.050 \text{ Km}$$

$$A = 55.12 \text{ km}^2$$

$$\text{Suma } Lcn = 348855 \text{ m} = 348.855 \text{ Km}$$

$$Sc = \frac{(0.05) \times (348.855)}{55.12}$$

$$Sc = 0.316$$

$$Sc = 31.6\%$$

### ***Tiempo de Concentración***

Es el tiempo que tarda la lluvia en caer en el punto más alejado del arroyo en la cuenca hasta llegar al punto de emisión.

Según La DGC:

$$Tc = 0.3 \left( \frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud de máximo recorrido (km)

S = Pendiente Media

$$L = 5.76 \text{ Km} = 5757.15 \text{ m}$$

$$S = 0.316$$

$$T_c = 1.63 \text{ Horas}$$

$$T_c = 1.63 \text{ Horas} = 97.75 \text{ minutos}$$

#### 4.4.2. Cálculo de Caudales

El método racional fue usado para el cálculo de caudales, teniendo como base que el estudio hidrológico y el estudio de cuencas del proyecto no excede los  $7.5 \text{ km}^2$ , que sería el límite de su aplicabilidad de acuerdo al manual de carreteras del MTC de Hidrología e hidráulica en el capítulo 2.5.5.1. Al determinar las intensidades, el coeficiente de escorrentía de las cuencas y áreas fueron primero determinadas a fin de obtener estos caudales.

**Tabla 42.** Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)									
	2	5	10	20.53	25	35.32	50	56.57	100	500
<b>Área de cultivo</b>										
<b>Plano, 0 - 2%</b>	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43	0.435	0.47	0.57
<b>Promedio, 2 - 7%</b>	0.35	0.38	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.484	0.51	0.60
<b>Pendiente superior a 7%</b>	0.39	0.42	0.44	<b>0.468</b>	0.48	<b>0.49</b>	0.51	<b>0.514</b>	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>										
<b>Plano, 0 - 2%</b>	0.25	0.28	0.30	0.33	0.34	0.35	0.37	0.375	0.41	0.53
<b>Promedio, 2 - 7%</b>	0.33	0.36	0.38	0.41	0.42	0.43	0.45	0.455	0.49	0.58
<b>Pendiente superior a 7%</b>	0.37	0.40	0.42	0.45	0.46	0.47	0.49	0.495	0.53	0.60
<b>Bosques</b>										
<b>Plano, 0 - 2%</b>	0.22	0.25	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.355	0.39	0.48
<b>Promedio, 2 - 7%</b>	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43	0.435	0.47	0.56
<b>Pendiente superior a 7%</b>	0.35	0.39	0.41	0.44	0.45	0.46	0.48	0.485	0.52	0.58

**Fuente:** "Hidrología Aplicada" de Ven T. Chow

Cálculo del caudal por el método racional Se puede calcular utilizando la fórmula:

$$Q = C * I * \frac{A}{3.6}$$

$Q$  = caudal, en  $m^3/s$ . (para cuencas pequeñas)

$C$  = Coeficiente de escorrentía

$I =$  Intensidad de la precipitación pluvial máxima

$A =$  Superficie de la cuenca, en km<sup>2</sup>

#### 4.4.2.1. Cálculo de coeficientes de escorrentía

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de los taludes y quebradas cuyos cursos interceptan el alineamiento de la carretera en estudio.

En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características, por lo que se ha dividido el camino vecinal en varios tramos de estudio y se ha caracterizado cada talud para poder asignarle a cada tramo un coeficiente de escorrentía, según lo establecido por el MTC (2014) en la Tabla 2. Además, las fotografías de cada talud, donde se muestra las características de estos, se adjuntan en el ANEXO 01: Caracterización de taludes para coeficientes de escorrentía, para mayor detalle y comprensión.

**Tabla 43.** *Coefficientes de escorrentía por tramo de talud del camino vecinal*

Cunetas	Cobertura Vegetal	Pendiente	C
			escorrentía
0+000	Pastos, vegetación ligera	Media	0.55
0+305	Pastos, vegetación ligera	Media	0.55
0+434	Pastos, vegetación ligera	Media	0.55
0+600	Sin vegetación	Media	0.70
0+665	Sin vegetación	Media	0.70
0+700	Sin vegetación	Alta	0.75
0+793	Sin vegetación	Alta	0.75
0+980	Sin vegetación	Alta	0.75
1+010	Sin vegetación	Alta	0.75
1+290	Sin vegetación	Alta	0.75
1+340	Sin vegetación	Alta	0.75
1+500	Sin vegetación	Alta	0.75
1+605	Sin vegetación	Alta	0.75
1+660	Sin vegetación	Alta	0.75
1+870	Sin vegetación	Alta	0.75
1+910	Sin vegetación	Alta	0.75
2+090	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+130	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+210	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+280	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+350	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+370	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+600	Hierba, grama	Pronunciada	0.60
2+636	Cultivos	Media	0.60
2+976	Cultivos	Media	0.60

3+000	Cultivos	Media	0.60
3+061	Cultivos	Media	0.60
3+155	Hierba, grama	Media	0.50
3+200	Hierba, grama	Media	0.50
3+300	Hierba, grama	Media	0.50
3+310	Hierba, grama	Media	0.50
3+560	Hierba, grama	Media	0.50
3+764	Hierba, grama	Media	0.50
3+834	Hierba, grama	Media	0.50
4+000	Hierba, grama	Media	0.50
4+025	Cultivos	Media	0.60
4+210	Cultivos	Media	0.60
4+250	Cultivos	Media	0.60
4+450	Hierba, grama	Alta	0.55
4+612	Hierba, grama	Alta	0.55
4+635	Hierba, grama	Alta	0.55
4+836	Hierba, grama	Alta	0.55
4+870	Hierba, grama	Alta	0.55
5+000	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
5+116	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
5+353	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
5+500	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
5+650	Bosques, densa vegetación	Alta	0.50
5+675	Bosques, densa vegetación	Alta	0.50
5+955	Bosques, densa vegetación	Alta	0.50
6+085	Cultivos	Pronunciada	0.70
6+316	Cultivos	Alta	0.65
6+540	Pastos, vegetación ligera	Alta	0.60
6+787	Pastos, vegetación ligera	Alta	0.60
6+800	Pastos, vegetación ligera	Pronunciada	0.65
7+040	Cultivos	Alta	0.65
7+114	Pastos, vegetación ligera	Pronunciada	0.65
7+400	Pastos, vegetación ligera	Alta	0.60
7+531	Pastos, vegetación ligera	Pronunciada	0.65
7+576	Pastos, vegetación ligera	Pronunciada	0.65
7+765	Cultivos	Media	0.60
7+820	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
8+050	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
8+075	Bosques, densa vegetación	Alta	0.50
8+370	Bosques, densa vegetación	Pronunciada	0.55
8+460	Pastos, vegetación ligera	Alta	0.60
8+531	Pastos, vegetación ligera	Alta	0.60
8+620	Cultivos	Media	0.60
8+872	Cultivos	Media	0.60
9+000	Cultivos	Media	0.60
9+150	Cultivos	Suave	0.55
9+175	Cultivos	Suave	0.55

#### 4.4.2.2. Cálculo de caudal de áreas tributarias para alcantarillas

Se ha determinado los tiempos de concentración para todas las microcuencas de las obras de arte de la carretera en estudio. Se aplicó la fórmula de Temez:

$$T_c = 0.3 * \left( \frac{L}{S^{\frac{1}{4}}} \right)^{0.76}$$

Donde:

*T<sub>c</sub> en horas*

*L en km*

*S en m/m*

**Tabla 44.** Cálculo del tiempo de concentración para las microcuencas (Alcantarillas)

MICRO-CUENCA	COTAS (m. s. n. m.)		Li	Si	(Li <sup>2</sup> /Si) <sup>1/2</sup>	S	Tc
	An	Ho	Hf	(Km)	(Km)		(min)
Q-03	2919.00	2898.00	1.667	0.013	14.852	0.013	60.938
Q-04	2946.00	2940.00	0.210	0.029	1.242	0.029	10.803
Q-05	2964.00	2954.00	1.091	0.009	11.396	0.009	46.904
Q-06	3023.00	2986.00	1.290	0.029	7.617	0.029	42.892
Q-07	3015.00	2995.00	0.369	0.054	1.585	0.054	14.681
Q-08	3015.00	2164.00	0.874	0.974	0.885	0.974	16.322
Q-09	3048.00	3046.00	0.752	0.003	14.582	0.005	57.076
	3057.00	3046.00	0.445	0.025	2.829	0.974	16.322
Q-10	3088.00	3067.00	1.556	0.013	13.394	0.013	57.077
Q-11	3095.00	3087.00	0.745	0.011	7.189	0.011	34.059
Q-12	3110.00	3097.00	1.520	0.009	16.436	0.009	61.147
Q-16	3207.00	3202.00	0.948	0.005	13.054	0.005	46.821
Q-17	3312.00	3232.00	0.489	0.164	1.209	0.164	14.738
Q-18	3320.00	3244.00	1.132	0.067	4.369	0.067	33.042

*Nota:* Q<sub>n</sub> = Área de la microcuenca correspondiente a la obra de arte "n".

Luego se ha determinado la altitud media de cada microcuenca evaluada, para cada estructura evaluada.

**Tabla 45.** Altitud media para las microcuencas (Badenes)

MICRO-CUENCA	COTAS		COTA PROMEDIO	ÁREA PARCIAL
	(m. s. n. m.)			
	An	Ho	Hf	Hi (m)
Q-03	2919.00	2898.00	2908.50	5.745
Q-04	2946.00	2940.00	2943.00	1.628
Q-05	2964.00	2954.00	2959.00	6.547

Q-06	3023.00	2986.00	3004.50	1.183
Q-07	3015.00	2995.00	3005.00	1.282
Q-08	3015.00	3001.00	300.50	1.167
Q-09	3048.00	3046.00	3047.00	5.072
	3057.00	3046.00	3051.50	1.256
Q-10	3088.00	3067.00	3077.50	1.532
Q-11	3095.00	3087.00	3091.00	13.076
Q-12	3110.00	3097.00	3103.50	9.792
Q-16	3207.00	3202.00	3204.50	3.895
Q-17	3312.00	3232.00	3272.00	1.401
Q-18	3320.00	3244.00	3282.00	4.207

A continuación, en la Tabla 46 se presenta el análisis del cálculo de los caudales para las estructuras de las alcantarillas a rehabilitar y proyectadas.

Para ello se aplica la fórmula del método racional, y para el cálculo de la  $I_{max}$  de cada microcuenca se realiza la conversión respecto a la estación que se ha evaluado en relación a la altura media de la cuenca, se ha utilizado la siguiente expresión:

$$I_{max} = \frac{I_{max\ Est.A.W} \times H_{media\ cuenca}}{H_{Est.A.W}}$$

Con el cálculo de la intensidad máxima se aplica la fórmula de  $Q = CIA/360$ , donde el área está en hectáreas.

**Tabla 46-** Cálculo de caudales de aporte de las microcuencas en alcantarillas

OBRA DE ARTE	PROG.	Microcuenca	AREA TRIB.	Tc	ALT. MEDIA	Imáx Est. A.W	Imáx	Coef. Escor.	Qn
		Q-n	(Ha)	(min)	(m)	(mm/h)	(mm/h)	C	(m³/s)
A3	2+090	Q-03	5.745	60.938	2908.5	20.58	22.39	0.49	0.175
A4	2+985	Q-04	1.628	10.803	2943	75.31	82.92	0.49	0.184
A5	3+062	Q-05	6.547	46.904	2959	25.04	27.72	0.49	0.247
A6	3+310	Q-06	1.183	42.892	3004.5	26.78	30.1	0.49	0.048
A7	3+840	Q-07	1.282	14.681	3005	59.84	67.27	0.49	0.117
A8	4+000	Q-08	1.167	16.322	2589.5	55.26	53.54	0.49	0.085
A9	4+870	Q-09	5.072	57.076	3047.89	21.61	24.64	0.49	0.212
	4+870		1.256	57.076	3047.89	21.61	24.64	0.49	
A10	5+120	Q-10	1.532	57.077	3077.5	21.61	24.88	0.49	0.052
A11	5+354	Q-11	13.076	34.059	3091	31.83	36.81	0.49	0.655
A12	5+500	Q-12	9.792	61.147	3103.5	20.52	23.83	0.49	0.318
A16	7+040	Q-16	3.895	46.821	3204.5	25.07	30.06	0.49	0.159
A17	7+532	Q-17	1.401	14.738	3272	59.66	73.03	0.49	0.139

A18	7+576	Q-18	4.207	33.042	3282	32.56	39.98	0.49	0.229
-----	-------	------	-------	--------	------	-------	-------	------	-------

#### 4.4.2.3. Cálculo de caudal de áreas tributarias para badenes

Una vez delimitadas las áreas de las microcuencas que llegan a los badenes, se han obtenido los datos necesarios para poder calcular el tiempo de concentración de cada una de estas, como se presenta:

**Tabla 47.** *Cálculo del tiempo de concentración para las microcuencas (Badenes)*

MICROCUENCA	COTAS (m. s. n. m.)		Li	Si	$(Li^2/Si)^{1/2}$	S	Tc
	An	Ho	Hf		(Km)		(Km)
Q-04	2948.25	2875.21	0.542	0.135	1.476	0.135	16.538
Q-07	2979.01	2947.22	0.217	0.146	0.567	0.146	8.118
Q-08	3032.22	2943.21	0.369	0.410	0.576	0.410	9.993
Q-09	3009.58	2972.78	0.479	0.077	1.728	0.077	16.753
Q-10	3175.00	3113.28	0.676	0.091	2.235	0.091	21.052

Además, con las cotas iniciales y finales es necesario obtener la altitud media de cada microcuenca:

**Tabla 48.** *Altitud media para las microcuencas (Badenes)*

MICROCUENCA	COTAS		COTA
	(m. s. n. m.)		PROMEDIO
	Ho	Hf	Hi (m)
Q-04	2948.25	2875.21	2911.73
Q-07	2979.01	2947.22	2963.12
Q-08	3032.22	2943.21	2987.72
Q-09	3009.58	2972.78	2991.18
Q-10	3175.00	3113.28	3144.14

El procesamiento de la información ha permitido realizar el cálculo de los caudales de aporte de las microcuencas que atraviesan los badenes.

**Tabla 49.** *Cálculo de caudales de aporte de las microcuencas en badenes*

OBRA DE ARTE	PROG.	MICROCUENCA	AREA TRIB.	Tc	ALT. MEDIA	Imáx Est.	Imáx	Coef. Escor.	Qn
		Q-n	(Ha)	(min)	(m)	(mm/h)	(mm/h)	C	(m <sup>3</sup> /s)
B4	1+035	Q-03	7.895	16.538	2911.73	57.97	63.15	0.51	0.712
B7	3+135	Q-06	1.756	8.118	2963.12	98.85	109.58	0.51	0.275
B8	3+200	Q-07	4.520	9.993	2987.72	84.59	94.55	0.51	0.610
B9	3+650	Q-08	8.590	16.753	2991.18	57.41	64.25	0.51	0.788
B10	5+675	Q-09	8.620	21.052	3144.14	48.37	56.90	0.51	0.700



## 4.5. Evaluación del drenaje pluvial del camino vecinal

### 4.5.1. Evaluación de cunetas

#### *Pendiente longitudinal de la cuneta*

Las cunetas siguen la pendiente de la carretera, presentando pendientes variables, siendo en promedio 5%.

#### *Revestimiento de la cuneta*

El MTC sugiere que:

Cuando el suelo sea blando (arena, polvo, arena mixta, arena arcillosa, humus, arcilla...) y la pendiente de la acequia sea igual o superior al 4%, se deberá reforzar con el material adecuado de acuerdo con las velocidades máximas admitidas. Para la presente tesis se tuvo en cuenta el revestimiento de piedra con mortero.

#### *Cálculo de caudal de diseño de la cuneta*

El cálculo del caudal de diseño de la zanja se realizó mediante un método razonable, en el que se requieren los valores del coeficiente de escorrentía, la intensidad máxima y la superficie a drenar.

- Coeficiente de escorrentía: Es variable dependiendo del uso del suelo del talud, la pendiente y la permeabilidad de cada tramo como se detalla en la Tabla 43.
- Intensidad máxima: Se debe considerar una duración de 5 minutos, para un  $T_r=20.08$  años, la ***Imax 124.58 mm/h de la estación A. Weberbauer y 217.19 mm/h de la estación Granja Porcón*** se encuentra en la Tabla 32 y Tabla 41. Tomando en consideración el manual de Hidrología e Hidráulica del MTC, se tomó la estación con el valor más alto obtenido de ambas estaciones en estudio.

El procedimiento para calcular el caudal de aporte de cada tramo es el siguiente:

Considerando que la corriente de aporte está constituida por la corriente de línea y el flujo del colector, es necesario:

$$Q_{\text{aporte}} = Q_{\text{calzada}} + Q_{\text{colector}}$$

Para  $Q$  calzada: Como el área de influencia de la calzada que recoge las aguas de las precipitaciones es 6.00 m, ya que solo posee cuneta a un lado de la vía en toda su longitud, tenemos:

Cálculo de área de influencia:

$$A_i = L * A = 305.00 \text{ m} * 6.00 \text{ m}$$

$$A_i = 1800.00 \text{ m}^2 \sim 0.183 \text{ Ha}$$

$$Q_{\text{calzada}} = CIA/360 = 0.50 * 217.19 * 0.183/360 = 0.0552 \text{ m}^3/\text{s}$$

Colección P:

Esta es la escorrentía que no es recolectada por ningún drenaje e ingresa a la zanja desde la escorrentía lateral.

Si consideramos 1.525 Ha (305m \* 50m), como superficie no contributiva que desembocará directamente en la acequia, tendremos:

$$Q_{\text{colector}} = 0.55 * 217.19 * 1.525/360 = 0.5060 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego:

$$Q_{\text{cuneta}} = 0.0552 + 0.5060 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{aporte}} = 0.5612 \text{ m}^3/\text{s}$$


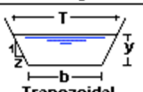
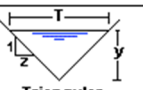
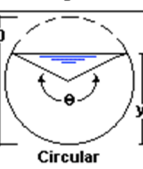
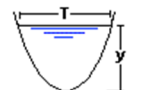
Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	(b+zy)y	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	b + 2zy
 Triangular	zy <sup>2</sup>	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	2zy
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T^2+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 39. Fórmulas para cálculos de diferentes tipos de sección de cuneta

Fuente: Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales (2015)

Tabla 50. Evaluación de cunetas existentes por tramos

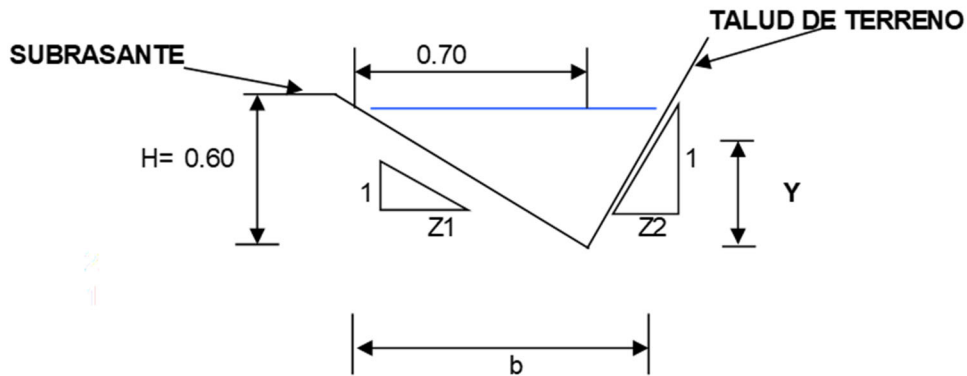
Tipo de sección	Tramo		b	Y	Ah	Pm	Rh	Pendiente	Longitud	Aliviaderos existentes	Q calzada	Coef. escorr.	Q colector	Q aporte unit. (m³/s)	Q aporte acum. (m³/s)	Cap. Cuneta	Velocidad	Estado
			m	m	m²	m	m	%	m							unit. (m³/s)	(m/s)	
Rectangular	0+000	0+305	0.50	0.36	0.180	1.220	0.15	5.00%	305.00	0+000	0.0552	0.55	0.5060	0.561	0.56	0.42	2.31	No cumple
Rectangular	0+305	0+434	0.50	0.54	0.270	1.580	0.17	4.00%	129.00	0+305	0.0233	0.55	0.4280	0.451	1.20	0.62	2.28	No cumple
Rectangular	0+434	0+600	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12	6.00%	166.00		0.0300	0.55	0.2754	0.305	0.75	0.25	2.19	No cumple
Rectangular	0+600	0+665	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12	4.00%	65.00		0.0118	0.70	0.2745	0.286	0.44	0.20	1.79	No cumple
Rectangular	0+665	0+700	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12	8.00%	35.00		0.0063	0.70	0.1478	0.154	0.15	0.28	2.53	Cumple
Rectangular	0+700	0+793	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12		93.00	0+700	0.0168	0.75	0.4208	0.438	1.46	0.28	2.53	No cumple
Rectangular	0+793	0+980	0.50	0.18	0.090	0.860	0.10	10.00%	187.00		0.0338	0.75	0.8461	0.880	1.02	0.23	2.60	No cumple
Rectangular	0+980	1+010	0.50	0.27	0.135	1.040	0.13	2.80%	30.00		1+010	0.0054	0.75	0.1357	0.141	0.14	0.21	1.59
Rectangular	1+010	1+290	0.40	0.225	0.090	0.850	0.11		280.00	0.0507		0.75	1.0136	1.064	1.19	0.12	1.39	No cumple
Rectangular	1+290	1+340	0.40	0.225	0.090	0.850	0.11	7.00%	50.00	1+010	0.0090	0.75	0.1131	0.122	0.12	0.20	2.19	Cumple
Rectangular	1+340	1+500	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12		160.00		0.0290	0.75	0.7240	0.753	2.44	0.27	2.36	No cumple
Rectangular	1+500	1+605	0.50	0.27	0.135	1.040	0.13	6.00%	105.00	1+340	0.0190	0.75	0.4751	0.494	1.69	0.31	2.33	No cumple
Rectangular	1+605	1+660	0.50	0.27	0.135	1.040	0.13	7.00%	55.00		0.0100	0.75	0.1991	0.209	1.20	0.34	2.51	No cumple
Rectangular	1+660	1+870	0.50	0.27	0.135	1.040	0.13		210.00		0.0380	0.75	0.9502	0.988	0.99	0.34	2.51	No cumple
Rectangular	1+870	1+910	0.50	0.27	0.135	1.040	0.13	40.00	0.0072		0.75	0.1810	0.188	4.73	0.34	2.51	No cumple	
Rectangular	1+910	2+090	0.45	0.27	0.122	0.990	0.12	2.37%	180.00	1+870	0.0326	0.75	0.8145	0.847	4.54	0.17	1.41	No cumple
Rectangular	2+090	2+130	0.45	0.27	0.122	0.990	0.12		40.00		0.0072	0.60	0.1448	0.152	3.69	0.17	1.41	No cumple
Trapezoidal	2+130	2+210	0.40	0.27	0.144	1.004	0.14	4.13%	80.00		0.0145	0.60	0.2896	0.304	3.54	0.30	2.07	No cumple
Trapezoidal	2+210	2+280	0.40	0.27	0.144	1.004	0.14	1.91%	70.00		0.0127	0.60	0.2534	0.266	3.23	0.20	1.41	No cumple
Trapezoidal	2+280	2+350	0.40	0.27	0.144	1.004	0.14	6.15%	70.00	0.0127	0.60	0.2534	0.266	2.97	0.36	2.52	No cumple	
Trapezoidal	2+350	2+370	0.40	0.27	0.144	1.004	0.14		20.00	0.0036	0.60	0.0724	0.076	2.70	0.36	2.52	No cumple	
Trapezoidal	2+370	2+600	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	3.91%	230.00	0.0416	0.60	0.8326	0.874	2.63	0.36	2.12	No cumple	
Rectangular	2+600	2+636	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12	6.25%	36.00	0.0065	0.60	0.1303	0.137	1.75	0.25	2.23	No cumple	
Rectangular	2+636	2+976	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12	4.37%	340.00	0.0615	0.60	1.2307	1.292	1.62	0.21	1.87	No cumple	

Rectangular	2+976	3+000	0.50	0.225	0.113	0.950	0.12		24.00		0.0043	0.60	0.0869	0.091	0.32	0.21	1.87	No cumple
Rectangular	3+000	3+061	0.60	0.27	0.162	1.140	0.14	5.37%	61.00	3+061	0.0110	0.60	0.2208	0.232	0.23	0.38	2.34	Cumple
Triangular	3+061	3+155	0.60	0.27	0.081	0.869	0.09		94.00		0.0170	0.60	0.3403	0.357	0.85	0.14	1.76	No cumple
Trapezoidal	3+155	3+200	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	2.49%	45.00	0.0081	0.50	0.1357	0.144	0.50	0.29	1.69	No cumple	
Trapezoidal	3+200	3+300	0.50	0.288	0.185	1.144	0.16	6.66%	100.00	0.0181	0.50	0.3017	0.320	0.35	0.53	2.84	Cumple	
Triangular	3+300	3+310	0.50	0.225	0.056	0.724	0.08	5.70%	10.00	3+310	0.0018	0.50	0.0302	0.032	0.03	0.09	1.61	Cumple
Triangular	3+310	3+560	0.50	0.27	0.068	0.869	0.08		250.00		0.0452	0.50	0.7541	0.799	1.68	0.11	1.61	No cumple
Triangular	3+560	3+764	0.50	0.225	0.056	0.724	0.08	6.98%	204.00	0.0369	0.50	0.6154	0.652	0.88	0.10	1.78	No cumple	
Triangular	3+764	3+834	0.50	0.225	0.056	0.724	0.08	6.31%	70.00	3+834	0.0127	0.50	0.2112	0.224	0.22	0.10	1.69	No cumple
Trapezoidal	3+834	4+000	0.50	0.225	0.138	1.003	0.14		166.00		0.0300	0.50	0.5007	0.531	1.31	0.34	2.48	No cumple
Trapezoidal	4+000	4+025	0.50	0.225	0.138	1.003	0.14	7.04%	25.00	4+210	0.0045	0.50	0.0754	0.080	0.78	0.34	2.48	No cumple
Trapezoidal	4+025	4+210	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19		185.00		0.0335	0.60	0.6697	0.703	0.70	0.79	3.22	Cumple
Trapezoidal	4+210	4+250	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19	5.73%	40.00	4+210	0.0072	0.60	0.1448	0.152	3.24	0.79	3.22	No cumple
Trapezoidal	4+250	4+450	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19		200.00		0.0362	0.60	0.7240	0.760	3.09	0.71	2.91	No cumple
Trapezoidal	4+450	4+612	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19	3.59%	162.00	4+210	0.0293	0.55	0.5375	0.567	2.33	0.56	2.30	No cumple
Trapezoidal	4+612	4+635	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19		23.00		0.0042	0.55	0.0763	0.081	1.76	0.56	2.30	No cumple
Trapezoidal	4+635	4+836	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19	6.39%	201.00	0.0364	0.55	0.6670	0.703	1.68	0.75	3.07	No cumple	
Trapezoidal	4+836	4+870	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19	8.19%	34.00	4+210	0.0062	0.55	0.1128	0.119	0.98	0.85	3.47	No cumple
Trapezoidal	4+870	5+000	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19		130.00		0.0235	0.55	0.4314	0.455	0.86	0.85	3.47	No cumple
Triangular	5+000	5+116	0.60	0.36	0.108	1.158	0.09	7.93%	116.00	5+116	0.0210	0.55	0.3849	0.406	0.41	0.23	2.14	No cumple
Triangular	5+116	5+353	0.60	0.36	0.108	1.158	0.09		237.00		0.0429	0.55	0.7864	0.829	0.83	0.23	2.14	No cumple
Triangular	5+353	5+500	0.50	0.36	0.090	1.158	0.08	8.46%	147.00	5+353	0.0266	0.55	0.4878	0.514	1.12	0.17	1.90	No cumple
Triangular	5+500	5+650	0.50	0.36	0.090	1.158	0.08		150.00		0.0271	0.55	0.4977	0.525	0.60	0.17	1.90	No cumple
Triangular	5+650	5+675	0.60	0.36	0.108	1.158	0.09	6.57%	25.00	5+675	0.0045	0.50	0.0754	0.080	0.08	0.24	2.22	Cumple
Trapezoidal	5+675	5+955	0.60	0.36	0.281	1.405	0.20		280.00		0.0507	0.50	0.8446	0.895	2.33	1.03	3.68	No cumple
Trapezoidal	5+955	6+085	0.60	0.36	0.281	1.405	0.20	5.25%	130.00	6+316	0.0235	0.50	0.3921	0.416	1.43	1.03	3.68	No cumple
Trapezoidal	6+085	6+316	0.70	0.54	0.524	1.907	0.27		231.00		0.0418	0.70	0.9755	1.017	1.02	2.10	4.01	Cumple
Trapezoidal	6+316	6+540	0.50	0.405	0.285	1.406	0.20	224.00	0.0405	0.65	0.8784	0.919	0.92	0.93	3.27	Cumple		
Trapezoidal	6+540	6+787	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19	5.25%	247.00	6+787	0.0447	0.60	0.8941	0.939	0.94	0.68	2.78	No cumple
Trapezoidal	6+787	6+800	0.50	0.36	0.245	1.305	0.19		13.00		0.0024	0.60	0.0471	0.050	1.03	0.68	2.78	No cumple

Trapezoidal	6+800	7+040	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	5.42%	240.00	7+040	0.0434	0.65	0.9412	0.985	0.98	0.43	2.49	No cumple
Trapezoidal	7+040	7+114	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16		74.00		0.0134	0.65	0.2902	0.304	1.97	0.43	2.49	No cumple
Trapezoidal	7+114	7+400	0.50	0.225	0.138	1.003	0.14	6.93%	286.00	7+531	0.0518	0.65	1.1215	1.173	1.67	0.36	2.60	No cumple
Trapezoidal	7+400	7+531	0.50	0.225	0.138	1.003	0.14	3.75%	131.00		0.0237	0.60	0.4742	0.498	0.50	0.26	1.91	No cumple
Trapezoidal	7+531	7+576	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16		45.00	0.0081	0.65	0.1765	0.185	0.18	0.36	2.07	Cumple	
Trapezoidal	7+576	7+765	0.50	0.225	0.138	1.003	0.14	4.47%	189.00	7+576	0.0342	0.65	0.7412	0.775	2.82	0.26	1.91	No cumple
Trapezoidal	7+765	7+820	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16		55.00		0.0100	0.60	0.1991	0.209	2.04	0.39	2.26	No cumple
Trapezoidal	7+820	8+050	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	3.41%	230.00	8+370	0.0416	0.55	0.7632	0.805	1.84	0.39	2.26	No cumple
Trapezoidal	8+050	8+075	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16		25.00		0.0045	0.55	0.0830	0.088	1.03	0.34	1.98	No cumple
Trapezoidal	8+075	8+370	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	1.08%	295.00	8+370	0.0534	0.50	0.8899	0.943	0.94	0.34	1.98	No cumple
Trapezoidal	8+370	8+460	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16		90.00		0.0163	0.55	0.2986	0.315	2.50	0.34	1.98	No cumple
Trapezoidal	8+460	8+531	0.50	0.27	0.171	1.104	0.16	3.14%	71.00	9+150	0.0129	0.60	0.2570	0.270	2.19	0.19	1.11	No cumple
Triangular	8+531	8+620	0.60	0.225	0.068	0.724	0.09		89.00		0.0161	0.60	0.1611	0.177	1.92	0.05	0.79	No cumple
Triangular	8+620	8+872	0.60	0.225	0.068	0.724	0.09	9.76%	252.00	9+150	0.0456	0.60	0.9122	0.958	1.74	0.09	1.35	No cumple
Triangular	8+872	9+000	0.60	0.225	0.068	0.724	0.09		128.00		0.0232	0.60	0.4633	0.487	0.79	0.09	1.35	No cumple
Trapezoidal	9+000	9+150	0.60	0.225	0.160	1.103	0.15	3.85%	150.00	9+150	0.0271	0.60	0.2715	0.299	0.30	0.51	3.20	Cumple
Trapezoidal	9+150	9+175	0.60	0.225	0.160	1.103	0.15		25.00		0.0045	0.55	0.0830	0.088	1.29	0.51	3.20	No cumple
Rectangular	9+175	9+520	0.50	0.54	0.270	1.580	0.17		345.00		0.0624	0.55	1.1448	1.207	1.21	0.60	2.24	No cumple

Como resultado de la evaluación de los 72 tramos de cunetas existentes, considerados según su variación de pendientes y tipos de sección, se obtuvo que solo 12 tramos de cunetas cumplen con la capacidad adecuada para transportar el agua que fluye a través de estas, por lo que se hace necesario aumentar las medias y cambiar el tipo sección de las existentes a lo largo del camino vecinal Cajamarca - CP. Chamis.

**Determinación de la capacidad de cunetas propuestas**



**DATOS**

$$Z1 = 0.5$$

$$Z2 = 0.5$$

$$n = 0.025$$

Revestimiento: Piedra  
con mortero

**SOLUCION**

$$Y = 0.9H$$

$$Y = 0.45$$

$$b = Y(Z1 + Z2)$$

$$b = 0.45$$

Cálculo del Área Hidráulica

$$Ah = (b * Y) / 2$$

$$Ah = 0.101$$

Cálculo del Radio Hidráulico

$$Rh = Ah / Pm \quad ; \quad Pm = \text{Perímetro mojado}$$

$$Pm = Y(\sqrt{1 + Z_1^2} + \sqrt{1 + Z_2^2})$$

$$Pm = 1.006$$

$$Rh = 0.10$$

Cálculo del Caudal

$$Q = \frac{Ah * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$Q = \frac{0.101 * 0.10^{\frac{2}{3}} * 0.028^{\frac{1}{2}}}{0.025} = 0.146 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla 51.** *Cálculo de capacidad de cunetas propuestas en el camino vecinal*

Tipo de sección	Tramo		b	Y	Ah	Pm	Rh	Pendiente	Longitud	Aliviaderos propuestos	Q calzada	Coef. escorr.	Q colector	Q aporte unit. (m <sup>3</sup> /s)	Q aporte acum. (m <sup>3</sup> /s)	Cap. Cuneta	Velocidad	Estado
			m	m	m <sup>2</sup>	m	m	%	m							(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)	
Rectangular	0+000	0+305	0.50	0.45	0.225	1.400	0.16	5.00%	305.00	0+000	0.0552	0.55	0.5060	0.561	0.56	0.59	2.49	Cumple
Rectangular	0+305	0+434	0.66	0.63	0.416	1.920	0.22	4.00%	129.00	0+305	0.0233	0.55	0.4280	0.451	1.20	1.20	2.88	Cumple
Rectangular	0+434	0+600	0.50	0.54	0.270	1.580	0.17	6.00%	166.00		0.0300	0.55	0.2754	0.305	0.75	0.81	2.76	Cumple
Rectangular	0+600	0+665	0.45	0.45	0.203	1.350	0.15	4.00%	65.00		0.0118	0.70	0.2745	0.286	0.44	0.46	2.17	Cumple
Rectangular	0+665	0+700	0.30	0.27	0.081	0.840	0.10	8.00%	35.00		0.0063	0.70	0.1478	0.154	0.15	0.19	1.90	Cumple
Rectangular	0+700	0+793	0.60	0.63	0.378	1.860	0.20		93.00	0+700	0.0168	0.75	0.4208	0.438	1.46	1.48	3.86	Cumple
Rectangular	0+793	0+980	0.50	0.54	0.270	1.580	0.17	10.00%	187.00	0+700	0.0338	0.75	0.8461	0.880	1.02	1.05	3.78	Cumple
Triangular	0+980	1+010	0.45	0.45	0.101	1.006	0.10	2.80%	30.00		0.0054	0.75	0.1357	0.141	0.14	0.15	1.39	Cumple
Trapezoidal	1+010	1+290	0.40	0.63	0.450	1.809	0.25		280.00	1+010	0.0507	0.75	1.0136	1.064	1.19	1.19	2.63	Cumple
Triangular	1+290	1+340	0.36	0.36	0.065	0.805	0.08	7.00%	50.00		0.0090	0.75	0.1131	0.122	0.12	0.13	1.88	Cumple
Trapezoidal	1+340	1+500	0.35	0.585	0.376	1.658	0.23		160.00	1+340	0.0290	0.75	0.7240	0.753	1.46	1.48	3.87	Cumple
Trapezoidal	1+500	1+605	0.30	0.45	0.236	1.306	0.18	6.00%	105.00		0.0190	0.75	0.4751	0.494	0.70	0.74	2.98	Cumple
Triangular	1+605	1+660	0.45	0.45	0.101	1.006	0.10	7.00%	55.00	0.0100	0.75	0.1991	0.209	0.21	0.23	2.07	Cumple	
Rectangular	1+660	1+870	0.50	0.63	0.315	1.760	0.18		210.00	1+660	0.0380	0.75	0.9502	0.988	0.99	1.06	3.14	Cumple
Rectangular	1+870	1+910	0.50	0.63	0.315	1.760	0.18		40.00	1+870	0.0072	0.75	0.1810	0.188	1.04	1.06	3.29	Cumple
Rectangular	1+910	2+090	0.60	0.675	0.405	1.950	0.21	2.37%	180.00		0.0326	0.75	0.8145	0.847	0.85	0.87	2.09	Cumple
Trapezoidal	2+090	2+130	0.35	0.63	0.419	1.759	0.24		40.00	2+090	0.0072	0.60	0.1448	0.152	0.99	0.99	2.36	Cumple
Trapezoidal	2+130	2+210	0.30	0.54	0.308	1.507	0.20	4.13%	80.00		0.0145	0.60	0.2896	0.304	0.84	0.87	2.72	Cumple
Trapezoidal	2+210	2+280	0.30	0.54	0.308	1.507	0.20	1.91%	70.00		0.0127	0.60	0.2534	0.266	0.53	0.59	1.73	Cumple
Triangular	2+280	2+350	0.50	0.495	0.123	1.107	0.11	6.15%	70.00		0.0127	0.60	0.2534	0.266	0.27	0.28	2.17	Cumple
Trapezoidal	2+350	2+370	0.25	0.585	0.317	1.558	0.20		20.00	2+350	0.0036	0.60	0.0724	0.076	1.09	1.09	3.43	Cumple
Trapezoidal	2+370	2+600	0.40	0.54	0.362	1.607	0.23	3.91%	230.00		0.0416	0.60	0.8326	0.874	1.01	1.06	2.79	Cumple
Triangular	2+600	2+636	0.41	0.41	0.082	0.906	0.09	6.25%	36.00		0.0065	0.60	0.1303	0.137	0.14	0.17	1.67	Cumple
Trapezoidal	2+636	2+976	0.40	0.59	0.405	1.708	0.24	4.37%	340.00	2+636	0.0615	0.60	1.2307	1.292	1.29	1.30	3.19	Cumple

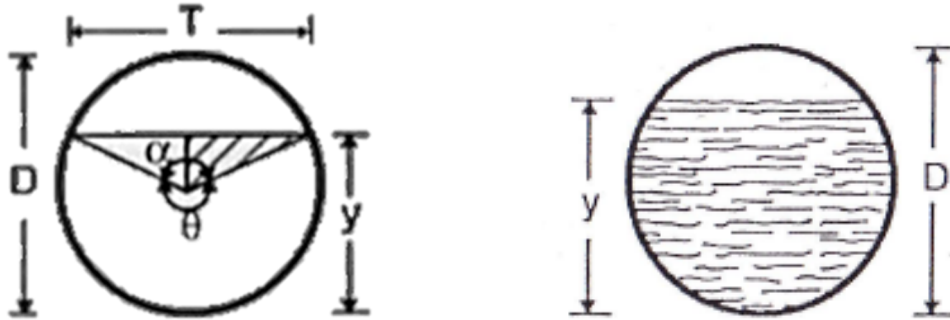
Trapezoidal	2+976	3+000	0.25	0.36	0.155	1.055	0.15		24.00		2+976	0.0043	0.60	0.0869	0.091	0.32	0.36	2.09	Cumple	
Triangular	3+000	3+061	0.50	0.495	0.123	1.107	0.11	5.37%	61.00			0.0110	0.60	0.2208	0.232	0.23	0.26	1.89	Cumple	
Trapezoidal	3+061	3+155	0.40	0.45	0.281	1.406	0.20		94.00			3+061	0.0170	0.60	0.3403	0.357	0.85	0.89	3.03	Cumple
Trapezoidal	3+155	3+200	0.40	0.405	0.244	1.306	0.19	2.49%	45.00			0.0081	0.50	0.1357	0.144	0.50	0.50	2.03	Cumple	
Trapezoidal	3+200	3+300	0.20	0.36	0.137	1.005	0.14	6.66%	100.00			0.0181	0.50	0.3017	0.320	0.35	0.37	2.57	Cumple	
Triangular	3+300	3+310	0.27	0.27	0.036	0.604	0.06	5.70%	10.00			0.0018	0.50	0.0302	0.032	0.03	0.05	0.88	Cumple	
Trapezoidal	3+310	3+560	0.40	0.63	0.450	1.809	0.25		250.00			3+310	0.0452	0.50	0.7541	0.799	1.68	1.70	3.72	Cumple
Trapezoidal	3+560	3+764	0.35	0.45	0.259	1.356	0.19	6.98%	204.00			0.0369	0.50	0.6154	0.652	0.88	0.91	3.39	Cumple	
Triangular	3+764	3+834	0.50	0.495	0.123	1.107	0.11	6.31%	70.00			0.0127	0.50	0.2112	0.224	0.22	0.28	1.83	Cumple	
Trapezoidal	3+834	4+000	0.25	0.405	0.183	1.156	0.16		166.00			3+834	0.0300	0.50	0.5007	0.531	0.53	0.54	2.90	Cumple
Trapezoidal	4+000	4+025	0.25	0.495	0.246	1.357	0.18		25.00			4+000	0.0045	0.50	0.0754	0.080	0.78	0.79	3.18	Cumple
Trapezoidal	4+025	4+210	0.20	0.495	0.222	1.307	0.17	7.04%	185.00			0.0335	0.60	0.6697	0.703	0.70	0.72	3.17	Cumple	
Trapezoidal	4+210	4+250	0.35	0.585	0.376	1.658	0.23		40.00			4+210	0.0072	0.60	0.1448	0.152	1.48	1.48	3.93	Cumple
Trapezoidal	4+250	4+450	0.35	0.585	0.376	1.658	0.23	5.73%	200.00			0.0362	0.60	0.7240	0.760	1.33	1.34	3.53	Cumple	
Trapezoidal	4+450	4+612	0.20	0.54	0.254	1.407	0.18	3.59%	162.00			0.0293	0.55	0.5375	0.567	0.57	0.61	2.23	Cumple	
Trapezoidal	4+612	4+635	0.35	0.54	0.335	1.557	0.22		23.00			4+612	0.0042	0.55	0.0763	0.081	0.90	0.91	2.70	Cumple
Trapezoidal	4+635	4+836	0.35	0.45	0.259	1.356	0.19	6.39%	201.00			0.0364	0.55	0.6670	0.703	0.82	0.87	3.18	Cumple	
Triangular	4+836	4+870	0.36	0.36	0.065	0.805	0.08	8.19%	34.00			0.0062	0.55	0.1128	0.119	0.12	0.14	1.84	Cumple	
Trapezoidal	4+870	5+000	0.30	0.45	0.236	1.306	0.18		130.00			4+870	0.0235	0.55	0.4314	0.455	0.86	0.87	3.64	Cumple
Triangular	5+000	5+116	0.59	0.585	0.171	1.308	0.13	7.93%	116.00			0.0210	0.55	0.3849	0.406	0.41	0.50	2.37	Cumple	
Trapezoidal	5+116	5+353	0.30	0.45	0.236	1.306	0.18		237.00			5+116	0.0429	0.55	0.7864	0.829	0.83	0.85	3.51	Cumple
Trapezoidal	5+353	5+500	0.30	0.36	0.173	1.105	0.16		147.00			5+353	0.0266	0.55	0.4878	0.514	0.51	0.56	2.98	Cumple
Trapezoidal	5+500	5+650	0.20	0.45	0.191	1.206	0.16		150.00			5+500	0.0271	0.55	0.4977	0.525	0.60	0.63	3.16	Cumple
Triangular	5+650	5+675	0.32	0.315	0.050	0.704	0.07	8.46%	25.00			0.0045	0.50	0.0754	0.080	0.08	0.10	1.61	Cumple	
Trapezoidal	5+675	5+955	0.25	0.495	0.246	1.357	0.18		280.00			5+675	0.0507	0.50	0.8446	0.895	0.90	0.92	3.64	Cumple
Trapezoidal	5+955	6+085	0.30	0.585	0.347	1.608	0.22		130.00			5+955	0.0235	0.50	0.3921	0.416	1.43	1.45	4.13	Cumple
Trapezoidal	6+085	6+316	0.35	0.50	0.296	1.457	0.20	6.57%	231.00			0.0418	0.70	0.9755	1.017	1.02	1.05	3.44	Cumple	
Trapezoidal	6+316	6+540	0.25	0.54	0.281	1.457	0.19		224.00			6+316	0.0405	0.65	0.8784	0.919	0.92	0.96	3.27	Cumple
Trapezoidal	6+540	6+787	0.30	0.54	0.308	1.507	0.20	5.25%	247.00			6+540	0.0447	0.60	0.8941	0.939	0.94	0.98	3.05	Cumple
Trapezoidal	6+787	6+800	0.35	0.54	0.335	1.557	0.22		13.00			6+787	0.0024	0.60	0.0471	0.050	1.03	1.10	3.09	Cumple



Trapezoidal	6+800	7+040	0.30	0.54	0.308	1.507	0.20	5.42%	240.00		0.0434	0.65	0.9412	0.985	0.98	0.99	3.20	Cumple
Trapezoidal	7+040	7+114	0.50	0.54	0.416	1.707	0.24		74.00		7+040	0.0134	0.65	0.2902	0.304	1.48	1.51	3.55
Trapezoidal	7+114	7+400	0.40	0.495	0.321	1.507	0.21	6.93%	286.00		0.0518	0.65	1.1215	1.173	1.17	1.20	3.66	Cumple
Trapezoidal	7+400	7+531	0.25	0.45	0.214	1.256	0.17	3.75%	131.00	7+400	0.0237	0.60	0.4742	0.498	0.50	0.51	2.33	Cumple
Triangular	7+531	7+576	0.50	0.495	0.123	1.107	0.11		45.00	7+531	0.0081	0.65	0.1765	0.185	0.18	0.22	1.51	Cumple
Trapezoidal	7+576	7+765	0.40	0.54	0.362	1.607	0.23	4.47%	189.00	7+576	0.0342	0.65	0.7412	0.775	0.98	1.04	2.72	Cumple
Triangular	7+765	7+820	0.50	0.495	0.123	1.107	0.11		55.00	7+820	0.0100	0.60	0.1991	0.209	0.21	0.24	1.71	Cumple
Trapezoidal	7+820	8+050	0.30	0.54	0.308	1.507	0.20	3.41%	230.00	7+820	0.0416	0.55	0.7632	0.805	0.89	0.90	2.90	Cumple
Triangular	8+050	8+075	0.36	0.36	0.065	0.805	0.08		25.00	8+075	0.0045	0.55	0.0830	0.088	0.09	0.09	1.35	Cumple
Trapezoidal	8+075	8+370	0.40	0.54	0.362	1.607	0.23	2.80%	295.00	8+370	0.0534	0.50	0.8899	0.943	0.94	0.99	2.61	Cumple
Trapezoidal	8+370	8+460	0.40	0.405	0.244	1.306	0.19		90.00	8+370	0.0163	0.55	0.2986	0.315	0.58	0.59	2.40	Cumple
Trapezoidal	8+460	8+531	0.20	0.405	0.163	1.106	0.15	3.14%	71.00	8+531	0.0129	0.60	0.2570	0.270	0.27	0.30	1.66	Cumple
Trapezoidal	8+531	8+620	0.45	0.585	0.434	1.758	0.25		89.00	8+531	0.0161	0.60	0.1611	0.177	1.14	1.14	2.61	Cumple
Trapezoidal	8+620	8+872	0.50	0.495	0.370	1.607	0.23	9.76%	252.00	8+872	0.0456	0.60	0.9122	0.958	0.96	0.99	2.59	Cumple
Trapezoidal	8+872	9+000	0.40	0.495	0.321	1.507	0.21		128.00	8+872	0.0232	0.60	0.4633	0.487	0.79	0.81	2.45	Cumple
Trapezoidal	9+000	9+150	0.12	0.36	0.108	0.925	0.12	3.85%	150.00	9+150	0.0271	0.60	0.2715	0.299	0.30	0.32	2.76	Cumple
Trapezoidal	9+150	9+175	0.45	0.45	0.304	1.456	0.21		25.00	9+150	0.0045	0.55	0.0830	0.088	1.29	1.34	4.26	Cumple
Trapezoidal	9+175	9+520	0.40	0.585	0.405	1.708	0.24		345.00		0.0624	0.55	1.1448	1.207	1.21	1.22	2.98	Cumple

#### 4.5.2. Evaluación de alcantarillas

La sección de las alcantarillas es circular, por lo que se propone alcantarillas de TMC de  $\phi = 36"$  para las existentes y las propuestas.



Según MCPBVT  $\phi$  mínimo:

$$D = 36 \text{ pulg.}$$

$$D = 0.91 \text{ m}$$

Considerando que la alcantarilla opera con una carga a la entrada no mayor del 75% de su altura:

$$y = 0.75 * D$$

$$y = 0.69$$

Para los cálculos de  $Ah$ ,  $P$  y  $Rh$ , en conductos parcialmente llenos, se ha usado la tabla 1.1, pág. 25 del libro Hidráulica de canales de Máximo Villón, conocida la relación entre el tirante y el diámetro del conducto, es decir:  $y/D$ .

$$\text{Para: } y/D = 0.75$$

$$\text{Tenemos: } A/D^2 = 0.6318 \rightarrow Ah = 0.53$$

$$P/D = 2.0944 \rightarrow P = 1.92$$

$$R/D = 0.3017 \rightarrow Rh = 0.28$$

Usaremos los valores obtenidos en el cálculo anterior:

$$Ah = 0.53$$

$$Rh = 0.28$$

$n = 0.024$  (metal corrugado)

$$Q = \frac{AhRh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

De la ecuación anterior, podemos verificar que para una alcantarilla de  $\phi = 36"$ , se obtiene un  $Qd = 1.32 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual soportará alguno de los caudales de aportes calculados para cada microcuenca.

Con los caudales de aporte calculados, en la Tabla 46, para cada microcuenca de las quebradas existentes y cursos de agua a lo largo del camino vecinal y con los caudales de cada tramo existente de cunetas, de la Tabla 50, que alivian sus aguas en estas alcantarillas, se evaluó las 14 alcantarillas existentes y los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 52-** Evaluación de alcantarillas existentes en el camino vecinal.

OBRA DE ARTE	PROG.	Qn	Ø	Pendiente	Capacidad alcantarilla	Tipo de alcantarilla	ESTADO
		(m <sup>3</sup> /s)					
A1	0+000	0.561	40 cm	4%	0.21	Alivio	No cumple
A2	1+870	4.726	20 cm	4%	0.03	Alivio	No cumple
A5	3+061	1.100	32"	4%	1.36	De paso	Cumple
A6	3+310	1.724	30 cm	2%	0.07	De paso	No cumple
A7	3+834	1.431	24"	2%	0.45	De paso	No cumple
A10	5+116	0.881	36"	3%	1.62	De paso	Cumple
A11	5+353	1.774	36"	5%	1.98	De paso	Cumple
A13	6+316	0.919	30 cm	2%	0.07	Alivio	No cumple
A14	6+540	0.939	30 cm	4%	0.10	Alivio	No cumple
A15	6+787	1.034	36"	5%	2.09	Alivio	Cumple
A16	7+040	2.134	25 cm	2%	0.04	De paso	No cumple
A17	7+531	0.324	36"	11%	3.09	De paso	Cumple
A18	7+576	2.820	20 cm	4%	0.03	Alivio	No cumple
A21	8+370	2.505	25 cm	2%	0.04	Alivio	No cumple

Como resultado de la evaluación de las 14 alcantarillas existentes se obtuvo que solo 5 alcantarillas cumplen con las medidas adecuadas para transportar el agua que fluye a través de estas, por lo que se hace necesario aumentar el diámetro de las existentes y plantear 13 nuevas alcantarillas a lo largo del camino vecinal Cajamarca - CP. Chamis.

Para una alcantarilla de  $\phi = 24''$  se obtiene un  $Q_d = 0.45 \text{ m}^3/\text{s}$ , para una de  $\phi = 32''$  se obtiene un  $Q_d = 0.96 \text{ m}^3/\text{s}$  y para una de  $\phi = 48''$  se obtiene un  $Q_d = 2.84 \text{ m}^3/\text{s}$ , teniendo en cuenta esto, a continuación, en la Tabla 53 se presenta el planteamiento final de las alcantarillas a lo largo del camino vecinal en estudio.

**Tabla 53.** Propuesta de alcantarillas para el camino vecinal.

OBRA DE ARTE	PROG.	$Q_n$	$\emptyset$	Capacidad alcantarilla	Tipo de alcantarilla	ESTADO	Condición
		( $\text{m}^3/\text{s}$ )					
A1	0+000	0.561	32''	0.96	Alivio	Cumple	Existente
	0+305	1.197	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
	1+010	1.186	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
	1+660	0.988	36''	1.32	Alivio	Cumple	Propuesta
A2	1+870	1.035	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
A3	2+090	1.163	36''	1.32	De paso	Cumple	Propuesta
	2+636	1.292	36''	1.32	Alivio	Cumple	Propuesta
A4	2+976	0.507	32''	0.96	De paso	Cumple	Propuesta
A5	3+061	1.100	32''	1.36	De paso	Cumple	Existente
A6	3+310	1.724	40''	1.75	De paso	Cumple	Existente
A7	3+834	0.648	32''	0.96	De paso	Cumple	Existente
A8	4+000	0.868	32''	0.96	De paso	Cumple	Propuesta
A9	4+870	1.073	36''	1.32	De paso	Cumple	Propuesta
A10	5+116	0.881	32''	0.96	De paso	Cumple	Existente
A11	5+353	1.170	36''	1.32	De paso	Cumple	Existente
A12	5+500	0.922	32''	0.96	De paso	Cumple	Propuesta
	5+955	1.433	40''	1.75	Alivio	Cumple	Propuesta
A13	6+316	1.080	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
A14	6+540	0.939	32''	0.96	Alivio	Cumple	Existente
A15	6+787	1.034	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
A16	7+040	1.636	40''	1.75	De paso	Cumple	Existente
	7+400	0.498	32''	0.96	Alivio	Cumple	Propuesta
A17	7+531	0.553	36''	1.32	De paso	Cumple	Existente
A18	7+576	0.985	36''	1.32	Alivio	Cumple	Existente
A19	7+820	0.892	32''	0.96	Alivio	Cumple	Propuesta
A20	8+075	0.943	32''	0.96	Alivio	Cumple	Propuesta
A21	8+370	0.585	32''	0.96	Alivio	Cumple	Existente
A22	8+531	1.135	36''	1.32	Alivio	Cumple	Propuesta
	8+872	0.785	36''	1.32	Alivio	Cumple	Propuesta

### 4.5.3. Evaluación de badenes

Luego de haber obtenido los caudales de diseño, en la **Tabla 49**, se calculó la capacidad actual de los badenes existentes, utilizando 0.025 como coeficiente de rugosidad de Manning, según lo indicado en la Tabla 4 para un canal revestido de piedra con mortero. De esta manera, se pudo determinar si estos badenes son capaces de evacuar correctamente el caudal de aporte que llega a cada uno de ellos. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 54.** *Evaluación de badenes del camino vecinal*

OBRA DE ARTE	PROG.	Qn	T	Y	Ah	Ph	Rh	Pendiente	Capacidad badén	ESTADO
		(m <sup>3</sup> /s)								
B1	0+150	0.561	1.75	0.25	0.29	1.85	0.16	11.83%	1.17	Cumple
B2	0+580	0.440	3.22	0.25	0.54	3.27	0.16	5.25%	1.47	Cumple
B3	0+700	1.459	1.75	0.25	0.29	1.85	0.16	9.44%	1.05	No cumple
B4	1+035	1.898	1.68	0.25	0.28	1.78	0.16	8.88%	0.97	No cumple
B5	1+330	2.444	1.40	0.25	0.23	1.52	0.15	4.80%	0.59	No cumple
B6	2+355	2.702	1.89	0.25	0.32	1.98	0.16	10.56%	1.20	No cumple
B7	3+135	0.275	2.38	0.25	0.40	2.45	0.16	12.10%	1.64	Cumple
B8	3+200	0.610	2.24	0.25	0.37	2.31	0.16	7.20%	1.19	Cumple
B9	3+650	1.376	0.42	0.10	0.03	0.48	0.06	6.98%	0.04	No cumple
B10	5+675	3.028	1.82	0.25	0.30	1.91	0.16	5.70%	0.85	No cumple

Como resultado de la evaluación realizada, se encontró que solo 4 de los 10 badenes existentes logran evacuar adecuadamente el caudal de aporte que fluye. Por lo tanto, se propone aumentar las dimensiones de los 6 badenes restantes que no cumplen con esta función, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 55.** *Propuesta de badenes del camino vecinal*

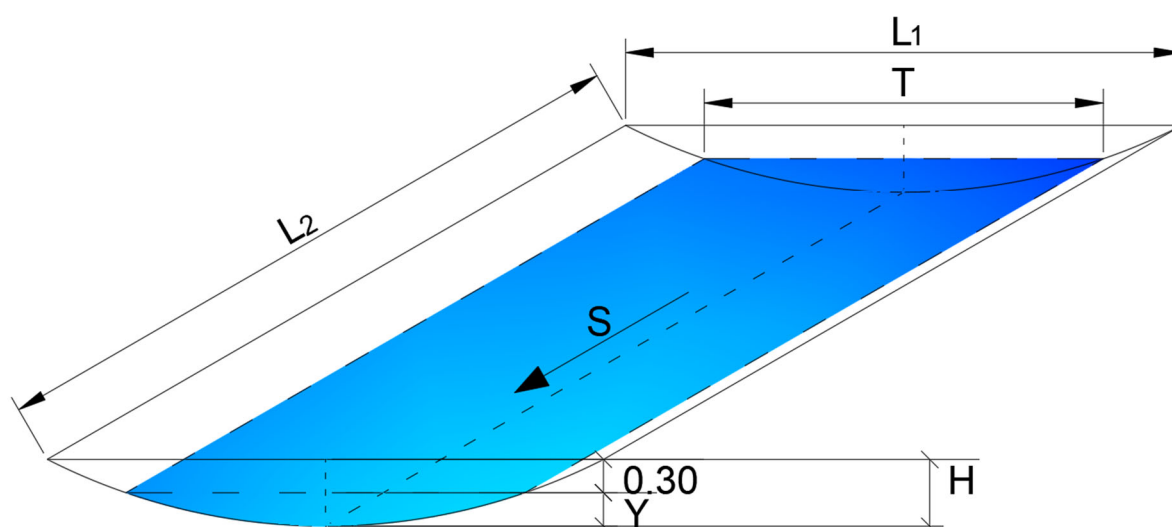
OBRA DE ARTE	PROG.	Qn	T	Y	Ah	Ph	Rh	Pendiente	Capacidad badén	ESTADO
		(m <sup>3</sup> /s)								
B1	0+150	0.561	1.75	0.25	0.29	1.85	0.16	11.83%	1.17	Cumple
B2	0+580	0.440	3.22	0.25	0.54	3.27	0.16	5.25%	1.47	Cumple
B3	0+700	1.459	1.82	0.30	0.36	1.95	0.19	9.44%	1.90	Cumple
B4	1+035	1.898	2.45	0.30	0.49	2.55	0.19	8.88%	2.43	Cumple
B5	1+330	1.456	2.52	0.30	0.50	2.62	0.19	4.80%	1.92	Cumple
B6	2+355	1.087	1.89	0.30	0.38	2.02	0.19	10.56%	2.01	Cumple

B7	3+135	0.275	2.38	0.25	0.40	2.45	0.16	12.10%	1.64	Cumple
B8	3+200	0.610	2.24	0.25	0.37	2.31	0.16	7.20%	1.19	Cumple
B9	3+650	1.376	2.66	0.25	0.44	2.72	0.16	6.98%	1.75	Cumple
B10	5+675	1.596	2.52	0.30	0.50	2.62	0.19	5.70%	2.01	Cumple

Además, mediante la aplicación del programa HCanales, se verificó y determinó el diseño final de los badenes existentes a lo largo del camino vecinal. Se tuvo en cuenta el borde libre de 30 cm recomendado en el ítem 4.1.1.4.1 del Manual de Hidrología del MTC y se determinó el material a utilizar de acuerdo con las velocidades máximas permitidas, tal como se indica en la Tabla 3, esta información se presenta en la Tabla 56.

**Tabla 56.** Dimensiones de badenes propuestos para el camino vecinal.

BADEN N°	PROGRESIVA	DISEÑO CON "HCANALES"									
		L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	T (m)	Y (m)	S m/m	n	Borde libre (m)	V m/s	H	Material
1	0+150	2.50	6.00	1.75	0.25	0.1183	0.025	0.30	1.92	0.55	Mampostería
2	0+580	4.60	6.00	3.22	0.25	0.0525	0.025	0.30	0.82	0.55	Mampostería
3	0+700	2.70	6.00	1.8	0.30	0.0944	0.020	0.30	3.86	0.60	Concreto
4	1+035	3.50	6.00	2.45	0.30	0.0888	0.020	0.30	3.87	0.60	Concreto
5	1+330	3.60	6.00	2.52	0.30	0.0480	0.020	0.30	2.89	0.60	Concreto
6	2+355	2.70	6.00	1.89	0.30	0.1056	0.020	0.30	2.88	0.60	Concreto
7	3+135	3.40	6.00	2.38	0.25	0.1210	0.025	0.30	0.69	0.55	Mampostería
8	3+200	3.20	6.00	2.24	0.25	0.0720	0.025	0.30	1.63	0.55	Mampostería
9	3+650	3.80	6.00	2.66	0.25	0.0698	0.020	0.30	3.10	0.55	Concreto
10	5+675	3.60	6.00	2.52	0.30	0.0570	0.020	0.30	3.17	0.60	Concreto



**Figura 40.** Sección típica de badenes propuestos

#### 4.6. Discusión de resultados

El sistema de drenaje de la vía en estudio presenta muchas deficiencias por falta de mantenimiento a las estructuras existentes. La vía en muchos tramos está muy deteriorada por un mal drenaje, y por la falta de cunetas apropiadas para el manejo del drenaje longitudinal. Muchas de las alcantarillas requieren ser remplazadas para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema de drenaje.

El valor de la intensidad máxima de precipitación es función de dos parámetros independientes, el período de retorno (T) y el tiempo de concentración (Tc). Esto último depende de una serie de factores morfológicos, así como del tipo de suelo y vegetación que cubre el área donde se sitúa el camino.

Debido a que estas últimas eran cuencas pequeñas, el valor fue uniformado. Utilizando este método, se calculó un valor de intensidad máxima de precipitación para los períodos de retorno de 10, 20 y 50 años. Los valores resultantes se utilizaron luego como parámetros de diseño para verificar el diseño de las cunetas, alcantarillas y badenes.

Utilizando los resultados plasmados a lo largo de este capítulo, se propone sustituir las alcantarillas TMC actuales por alcantarillas TMC de 32", 36" y 40" para las alcantarillas de paso y de alivio descritos en la Tabla 53. El cálculo de la capacidad del caudal de las alcantarillas es superior a la demanda que se ha obtenido para todas las que se analizaron.

Los cálculos hidráulicos para el dimensionamiento de las cunetas se realizaron con base en las dimensiones más pequeñas de una cuneta triangular, rectangular y trapezoidal típica para una región inundada; para estas dimensiones se utilizó el caudal  $Q_{Manning} > Q$  de aporte que se adapta a todas las cunetas.

Las dimensiones de las cunetas obtenidas en campo van desde 0.50 m con una profundidad de 0.40 m, las cuales deben estar uniformizadas. Porque, según cálculos hidráulicos, una profundidad de 0,40 m en zonas inundadas es suficiente para evacuar el caudal de diseño.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El sistema de drenaje pluvial existente en el camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca se encuentra en mal estado de conservación, esta información obtenida fue plasmada en la ficha de observación de las obras de drenaje pluvial existentes.
- Se caracterizó el camino vecinal Cajamarca - C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca, siendo este una *trocha carrozable*, cuyo IMDA es menor a 200 veh/día, además el tipo de terreno encontrado en la vía se ha clasificado como terreno *ondulado*, y, según el reglamento de jerarquización vial, el camino pertenece a la *Red Vial Vecinal o Rural*, comprendiendo las rutas CA-1321 y CA-1310.
- Se realizó el levantamiento topográfico del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca, obteniendo como resultado los planos de ubicación, clave, planta perfil y secciones transversales de este.
- Se estimó el caudal de aporte de las áreas tributarias con fines de drenaje pluvial del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca, a partir de las estaciones más cercanas a la vía, la estación de Granja Porcón y Augusto Weberbauer con datos de 21 años y 30 años respectivamente, siendo estas estaciones las que se encuentran más cercanas a la vía en estudio, lo que ha permitido obtener que la precipitación máxima en 24h de la estación de Granja Porcón fue de 88.2 mm y de la estación Augusto Weberbauer de 51.8 mm. Las intensidades máximas para el tiempo de concentración más relevantes para el diseño es 5 minutos de la estación A. Weberbauer con  $I_{max}$  son 124.58, 134.21, 142.19 mm/h para periodos de retorno de 20.08, 35.32 y 56.57 años. Asimismo, para la estación Granja Porcón con  $I_{max}$  son 217.19, 231.50 y 243.34 mm/h periodos de retorno de 20.08, 35.32 y 56.57 años.
- Se evaluó el sistema de drenaje pluvial existente del camino vecinal Cajamarca- C.P. Chamis, provincia de Cajamarca, Cajamarca, concluyendo que, de 72 tramos de cunetas analizados, 60 tramos están mal diseñados, de 14 alcantarillas analizadas, 9 están mal diseñadas y de 10 badenes analizados, 6 están mal diseñados, con lo que se evidencia el mal estado del sistema de drenaje pluvial existente.



## Recomendaciones

- Se recomienda modificar la sección de los 72 tramos de cunetas existentes, según lo indicado en la **Tabla 51**. *Cálculo de capacidad de cunetas propuestas en el camino vecinal.*
- Se recomienda la construcción de 13 alcantarillas nuevas y el aumento de sección de 9 de las existentes, según lo señalado en la **Tabla 53**. *Propuesta de alcantarillas para el camino vecinal.*
- Se recomienda la reconstrucción de 6 badenes existentes con concreto, según lo detallado en la **Tabla 56**. *Dimensiones de badenes propuestos para el camino vecinal.*
- Se recomienda revestir las cunetas con piedra y mortero para prevenir la erosión del material en ellas, debido a las fuertes pendientes presentes en diferentes tramos del camino vecinal.
- Se recomienda el mantenimiento rutinario de las cunetas, alcantarillas y badenes de la carretera.
- Se recomienda diseñar emboquillados de piedra o disipadores de energía a la salida de cada alcantarilla propuesta para la protección de los taludes contra la escorrentía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, L. y Guerra, S. (2021). *Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021*. Tesis Ing. Civil. Arequipa, Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/68798>
- Braz, A., García, P., Pinto, A. y Chávez, E. (2020). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra*. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 29 (1). Disponible en:  
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Caballero, J. (2016). *Diseño hidráulico de drenaje en la carretera San Marcos tramo-I (km:58+770 a 75+450), Cajabamba, Cajamarca, 2015*. Tesis Ing. Agrícola. Ayacucho, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Disponible en:  
<https://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/handle/UNSCH/3713>
- Chuquimango, O. (2022). *Evaluación del sistema de drenaje pluvial del Sector la Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca*. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5276>
- Coral, M. y Carlosama, B. (2021). *Diagnóstico hidráulico e hidrológico de las obras de drenaje vial en la Ruta 29 nacional, tramo 29RSE Pereira- Santa Rosa de Cabal entre la abscisa K 10+145 a K10+687,7 en el departamento de Risaralda*. Tesis Ing. Civil. Pereira, Universidad Antonio Nariño. Disponible en:  
<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5741/1/2021CarlosamaBrayan.pdf>
- Coronel, K. (2021). *Evaluación de la red de drenaje pluvial en el distrito de Yauyucan, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca 2019*. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/3629>.
- Cubides E. y Santos G. (2018). *Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración*. Entre Ciencia e Ingeniería, 12 (24). <https://doi.org/10.31908/19098367.3813>
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG – 2018*. Lima, Perú. Disponible en:  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

- García, D. (2018). *Aguas pluviales en Campeche. Sistema de alcantarillado pluvial para la Colonia de Santa Lucia*. Revista de Ingeniería Civil, 2 (3), pp. 1-4, 2018. [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Civil/vol2num3/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Civil\\_V2\\_N3\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol2num3/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V2_N3_1.pdf)
- INEI (2017). *Infraestructura urbana y rural, acceso a servicios sociales básicos en comunicades rurales*. Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011-2017. Lima, Perú. Obtenido de: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1520/cap03.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1520/cap03.pdf)
- Lahdou, G., Bolos, L., Frankenberger, J. y Kladvikoc, E. (2019). *Controles hidrológicos de sistemas de drenaje subterráneo de drenaje controlado y libre*. Gestión del agua agrícola, 213, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.038>.
- Llanos, U. (2021). *Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal del Distrito de Ayaviri, Puno – 2021*. Tesis Ingeniería Civil. Huancayo, Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65074/Llanos\\_CUC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65074/Llanos_CUC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Manual-MTC. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones). (2008). *Manual para diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. RM-N°303-2008-MTC-02. Editorial MTC, 159p. Disponible en: [https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2008/Abril/09/RM-303-2008-MTC-02\\_09-04-08.pdf](https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2008/Abril/09/RM-303-2008-MTC-02_09-04-08.pdf)
- Manual-MTC. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones). (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. RD-N°20-2011 MTC/14. Editorial MTC, 221p. Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima, Perú. Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_1556.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf)
- NT.CE.040. (2021). *Norma Técnica Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Diario El Peruano 24-feb-211. 36 p. Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366728/CE.040%20DRENAJE%20PLUVIAL\\_RM%20126-2021-VIVIENDA.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366728/CE.040%20DRENAJE%20PLUVIAL_RM%20126-2021-VIVIENDA.pdf)
- Otálvaro, M. (2016). *Consideraciones generales para realizar el diseño hidrológico e hidráulico de obras de drenaje para vías de bajos volúmenes de tránsito. Caso de*

- estudio pista de prueba Urrao-Antioquia*. Tesis Ing. Civil, Medellín, Universidad de Medellín. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11407/2203>
- Puelles Maza, J. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos Hec-Hms y Hec-Georas*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Repositorio institucional UPC. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10757/620953>
- Rodríguez, C. (2020). *Estudio de hidrología y drenaje para el mejoramiento del camino vecinal en la localidad de Pacahuara*. Tesis Ing. Civil, Lima, Universidad Nacional Agraria de la Molina. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4650>
- Sánchez, R. y Angulo, I. (2018). *Diseño geométrico y sistema de drenaje para el camino vecinal San Miguel cordillera del cóndor-acceso paraíso, distrito Nuevo Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín*. Tesis Ing. Civil. Tarapoto, Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2624>.
- Xue, Z. (2020). *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible*. Investigación, Madrid, Universidad de Alcalá. 1- 41 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10017/44115>.
- Yunianta, A. y Setiadji, B. (2019). Design of Sustainable Road Drainage System Model. *Journal of Sustainable Engineering*, 1, 35-45. Disponible en: <https://doi.org/10.35793/joseps.v1i1.5>

**ANEXO 01: Caracterización de taludes para coeficientes de escorrentía**



**Figura 41.** Talud del tramo Km 00+600 al Km 02+090 con viviendas, y pendiente alta



**Figura 42.** Talud del tramo Km 02+090 al Km 02+636 con hierba y grama, y pendiente pronunciada



**Figura 43.** Talud del tramo Km 02+636 al Km 03+155 con cultivos, y pendiente media



**Figura 44.** Talud del tramo Km 03+155 al Km 04+025 con hierba y grama, con pendiente media



**Figura 45.** Talud del tramo Km 04+025 al Km 04+450 con cultivos, con pendiente media



**Figura 46.** Talud del tramo Km 04+450 al Km 05+000 con hierba y grama, con pendiente alta



**Figura 47.** Talud del tramo Km 05+000 al Km 05+650 con bosques y densa vegetación, con pendiente pronunciada



**Figura 48.** Talud del tramo Km 05+650 al Km 06+085 con bosques y densa vegetación, con pendiente alta



**Figura 49.** Talud del tramo Km 06+085 al Km 06+316 con cultivos, con pendiente pronunciada



**Figura 50.** Talud del tramo Km 06+316 al Km 06+540 con cultivos, con pendiente alta



**Figura 51.** Talud del tramo Km 06+540 al Km 06+800 con pastos y vegetación ligera, con pendiente alta



**Figura 52.** Talud del tramo Km 06+800 al Km 07+040 con pastos y vegetación ligera, y pendiente pronunciada





**Figura 53.** Talud del tramo Km 07+040 al Km 07+114 con cultivos, y pendiente alta



**Figura 54.** Talud del tramo Km 07+114 al Km 07+400 con pastos y vegetación ligera, y pendiente pronunciada



**Figura 55.** Talud del tramo Km 07+400 al Km 07+531 con pastos y vegetación ligera, y pendiente alta



**Figura 56.** Talud del tramo Km 07+531 al Km 07+765 con pastos y vegetación ligera, y pendiente pronunciada



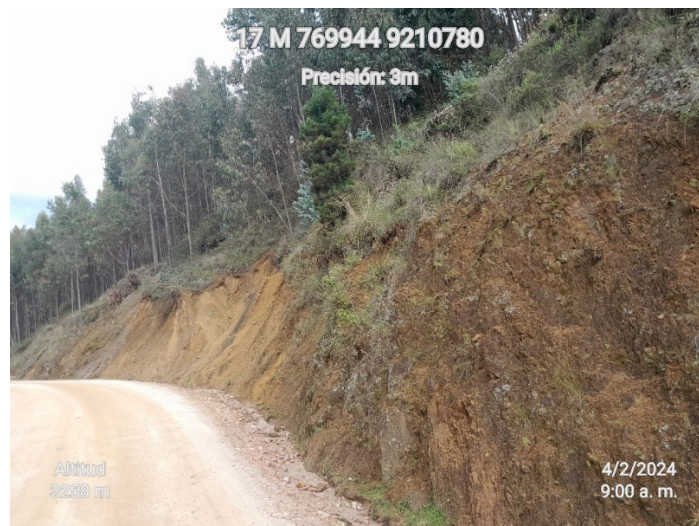
**Figura 57.** Talud del tramo Km 07+765 al Km 07+832 con cultivos, y pendiente media



**Figura 58.** Talud del tramo Km 07+832 al Km 08+075 con bosques y densa vegetación, y pendiente pronunciada



**Figura 59.** Talud del tramo Km 08+075 al Km 08+370 con bosques y densa vegetación, y pendiente alta



**Figura 60.** Talud del tramo Km 08+370 al Km 08+460 con bosques y densa vegetación, y pendiente pronunciada



**Figura 61.** Talud del tramo Km 08+460 al Km 08+620 con pastos y vegetación ligera, con pendiente alta



**Figura 62.** Talud del tramo Km 08+620 al Km 09+520 con cultivos, y pendiente media

## ANEXO 02: Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se define las variables de estudio utilizadas en la presente tesis

**Tabla 57.** Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
<b>Variable independiente</b> Análisis Hidrológico	Estudio cuantitativo y cualitativo de las relaciones pluviométricas y fluviométricas correspondiente a una cuenca específica donde se obtiene sus registros hídricos, esto incluye las precipitaciones, intensidades, periodos de retorno, duración, escurrimientos, hidrogramas, máximas avenidas, pendiente, entre otros; con el fin de establecer métodos de estimación de caudales de diseño que permita aportar con el diseño de sistemas de drenaje proyectados para carreteras (Lahdou et al., 2019).	• Parámetros geomorfológicos de cuencas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Área</li> <li>✓ Pendiente</li> <li>✓ Longitud</li> <li>✓ Tiempo de Concentración</li> </ul>	<b>Guía de análisis documentario:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cartas Nacionales</li> </ul>
		• Estimación de Caudales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Métodos estadísticos</li> <li>✓ Métodos empíricos</li> <li>✓ Hidrogramas</li> <li>✓ Curvas IDF</li> </ul>	<b>Guía de análisis documentario:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ANA</li> <li>✓ Estación Meteorológica-SENAHMI</li> </ul>
<b>Variable dependiente:</b> Sistema de drenaje pluvial	Aquellas estructuras cuya función es evacuar las aguas de los cauces que interceptan la vía, además de drenar aquellas aguas superficiales que afectan el camino, de esta manera se controla la erosión de los suelos. (MTC, 2018)	• Estado del drenaje Longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación de cunetas</li> </ul>	<b>Guía de análisis documentario:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje</li> </ul> <b>Guía de Observación:</b>
		• Estado del drenaje transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación de Alcantarillas</li> <li>✓ Evaluación de aliviaderos de cunetas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estación Total, Nivel Topográfico, GPS</li> <li>✓ Formatos de toma de datos.</li> </ul>

## Técnicas de instrumento

### Objetivo n°1.

**Tabla 58.** Cuadro de estudio – Guía de análisis documental - Sistema de drenaje pluvial

ESTUDIO	TIPO DE INSTRUMENTO	OBSERVACIÓN	INDICADOR	APLICACIÓN
<i>Sistema de drenaje pluvial</i>	<i>Guías de análisis documental</i>	<i>Manual de hidrología y drenaje</i>	<i>Evaluación de cunetas, pendiente,</i>	<i>Revisión</i>
		<i>Datos hidrometeorológicos a nivel nacional:</i>	<i>Evaluación de</i>	<i>Datos /web-revisión</i>
		<i>- Grafico</i>	<i>alcantarillas,</i>	
		<i>- Temperatura</i>	<i>Evaluación de</i>	
		<i>- Precipitación</i>	<i>aliviaderos</i>	
		<i>- Tiempo máximo</i>	<i>de cunetas</i>	
		<i>- Tiempo mínimo</i>		
		<i>- Fichas de análisis de las precipitaciones</i>		<i>Revisión</i>

**Tabla 59.** Ficha para analizar el estado del drenaje longitudinal.

<b>DRENAJE LONGITUDINAL</b>							
<b>N°</b>	<b>PROGRESIVA (km)</b>	<b>COORDENADAS (UTM)</b>		<b>TIPO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>FOTO</b>
		<b>Norte</b>	<b>Este</b>				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

**Tabla 60.** *Fichas para analizar el estado del drenaje transversal.*

DRENAJE TRANSVERSAL							
N°	Progresiva (Km)	Coordenadas (UTM)		Tipo	Estado	Observación	Foto
		Norte	Este				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							







**Objetivo N°3.****Tabla 63. Software utilizados**

<b>SOFTWARE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DATO</b>	<b>PROCESO</b>
<i>ArcGIS</i>	<i>Aplicación basada en mapas</i>	<i>Recopilación de información y almacenada en sistema de información geográfica) coordenadas,</i>	<i>Georreferenciar, utilización de Mapas, Observar áreas,</i>
<i>Hcanales</i>	<i>Cálculo de sección - canal</i>	<i>Q: Caudal. Z: Talud. N: Rugosidad de Material. S: Pendiente del canal.</i>	<i>Tirante (Y) Perímetro (P) Radio Hidráulico (R) Velocidad (V) Energía Especifica (E) Ancho de Solera (b) Área Hidráulica (A) Espejo de agua (T) Numero de Froude (F) Tipo de Flujo.</i>
<i>Hidroesta</i>	<i>Simulación de modelo</i>	<i>Trabajo con datos numéricos</i>	<i>Intensidades de diseño, cálculo de ecuación de intensidad máxima.</i>
<i>Microsoft Excel</i>	<i>Programa de información</i>	<i>Trabajo con datos numéricos</i>	<i>Cálculos Hidráulicos, Evaluación hidráulica, análisis de resultados,</i>
<i>Microsoft Word.</i>	<i>Programa de información</i>	<i>Trabajo de texto.</i>	<i>Edición, creación de textos, realización de procedimientos de datos y resultados</i>

**ANEXO 03: Panel Fotográfico**

*Fotografía N° 1: Levantamiento topográfico con nivel en la sección del Badén N°06 (Km.02+353.216)*



*Fotografía N° 2: Aguas servidas en cunetas del Km.03*



*Fotografía N° 3: Estado actual de badén en el Km.03*



*Fotografía N° 4: Erosión de cunetas del Km.06 por lluvias*



*Fotografía N° 5: Plataforma desnivelada por arrastre de materiales durante lluvias (Km.06)*



*Fotografía N° 6: Afirmado en mal estado por erosión durante lluvias (Km.07)*



*Fotografía N° 7: Salida de alcantarilla en el Km.07*



*Fotografía N° 8: Talud con presencia de agua, alcantarilla obstruida en Km.08*



*Fotografía N° 9: Estado actual de cunetas Km.09*



*Fotografía N° 10: Levantamiento topográfico con nivel del perfil de cunetas (Km.09)*





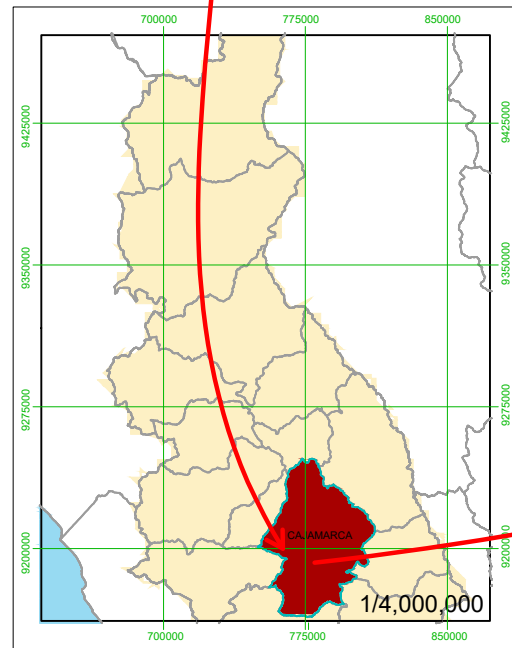
*Fotografía N° 11: Kilometraje existente en la vía Cajamarca – C.P. Chamis (Km.00 – Km.04)*



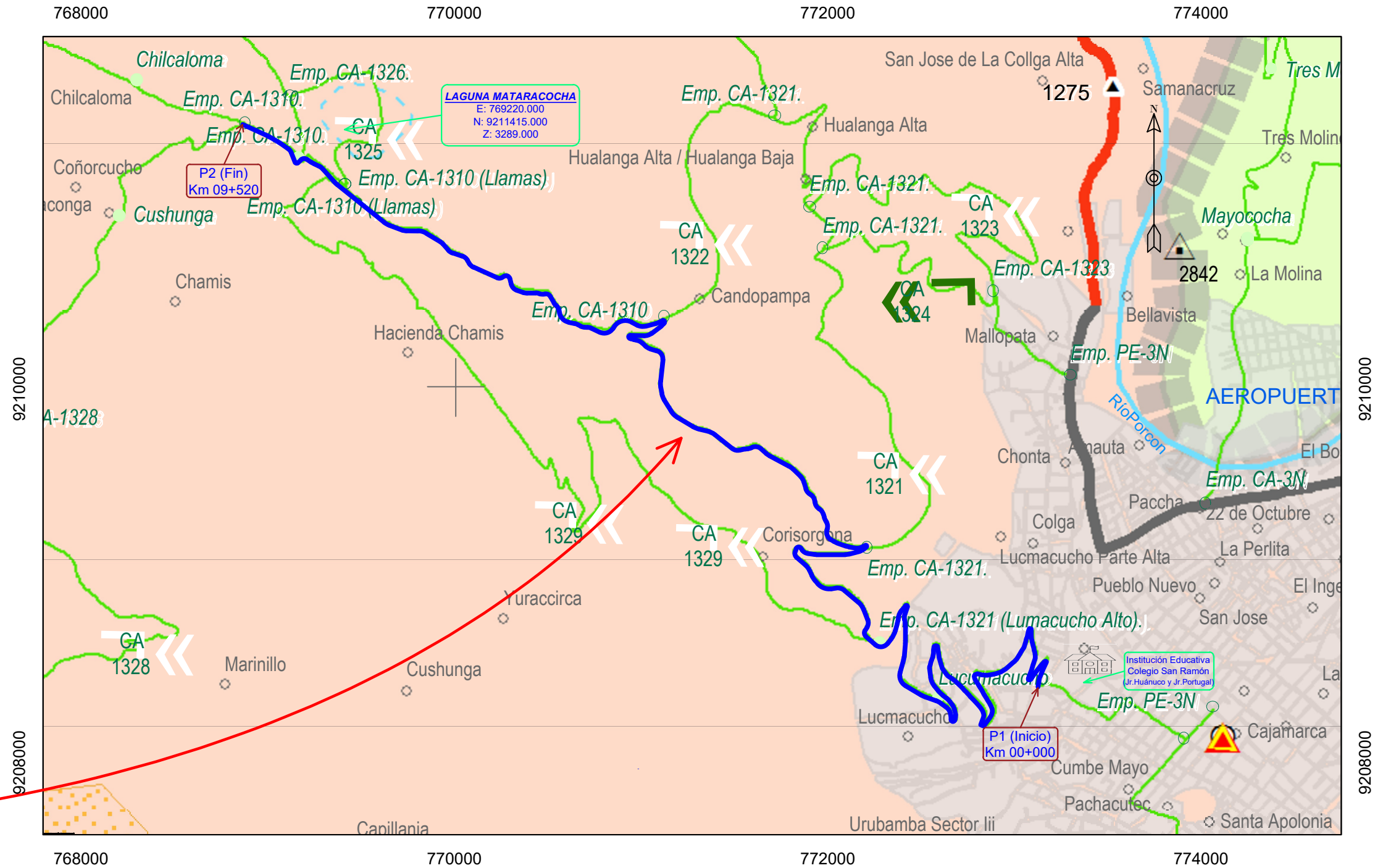
Fotografía N° 12: Kilometraje existente en la vía Cajamarca – C.P. Chamis (Km.05 – Km.09)



Mapa del Perú



Mapa del departamento de Cajamarca



Camino Vecinal Cajamarca - CP Chamis

Escala: 1/25000

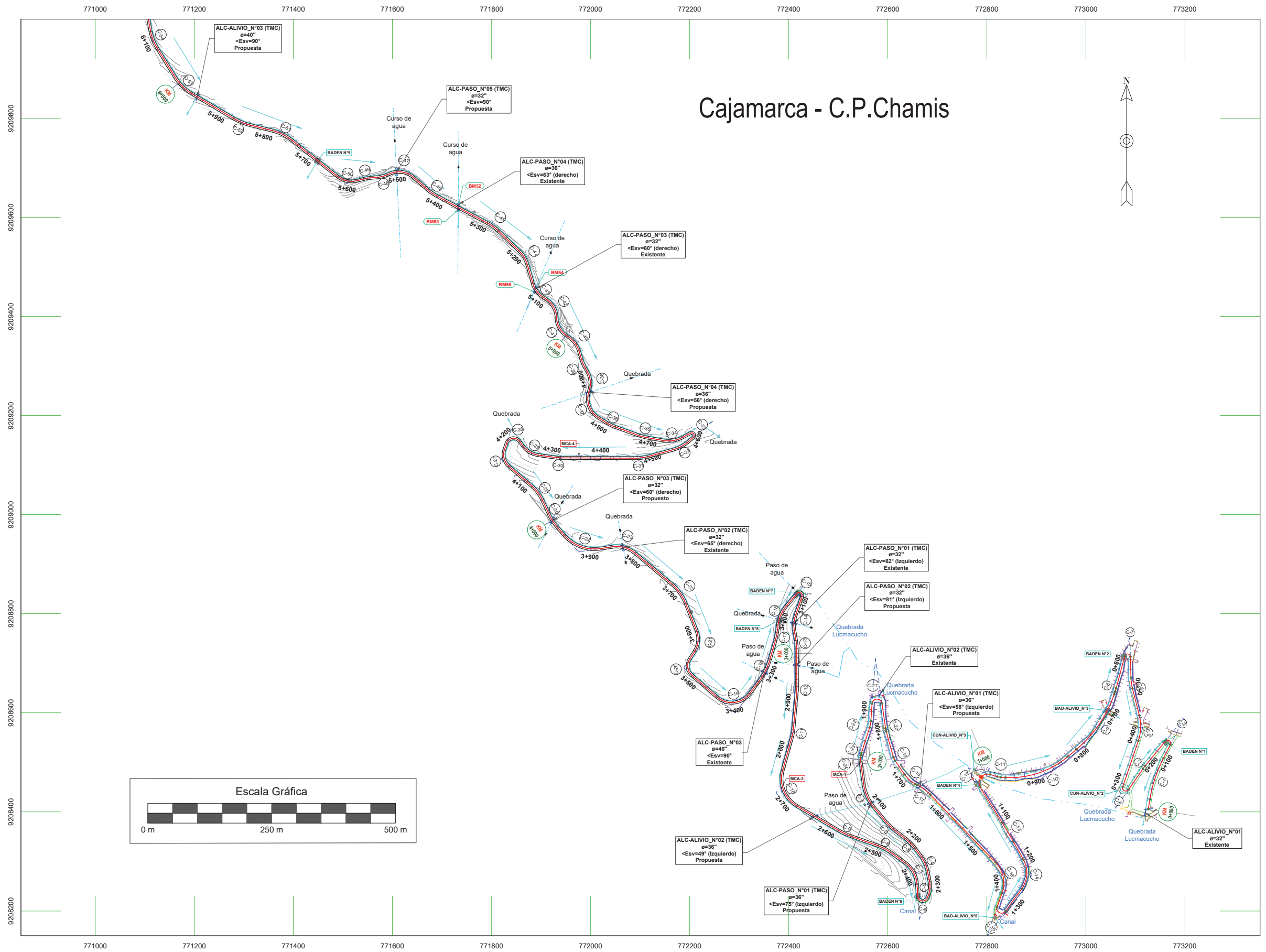
PUNTO	Coordenadas UTM		COTA m.s.n.m.
	ESTE	NORTE	
P1 (Inicio)	773126.44	9208399.20	2764
P2 (Fin)	768865.29	9211414.51	3294



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN			LÁMINA: <b>U 01</b>
DISTRITO: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	
TESISTA: MARIANELA SOFÍA LINARES PÉREZ		ESCALA: Indicada	

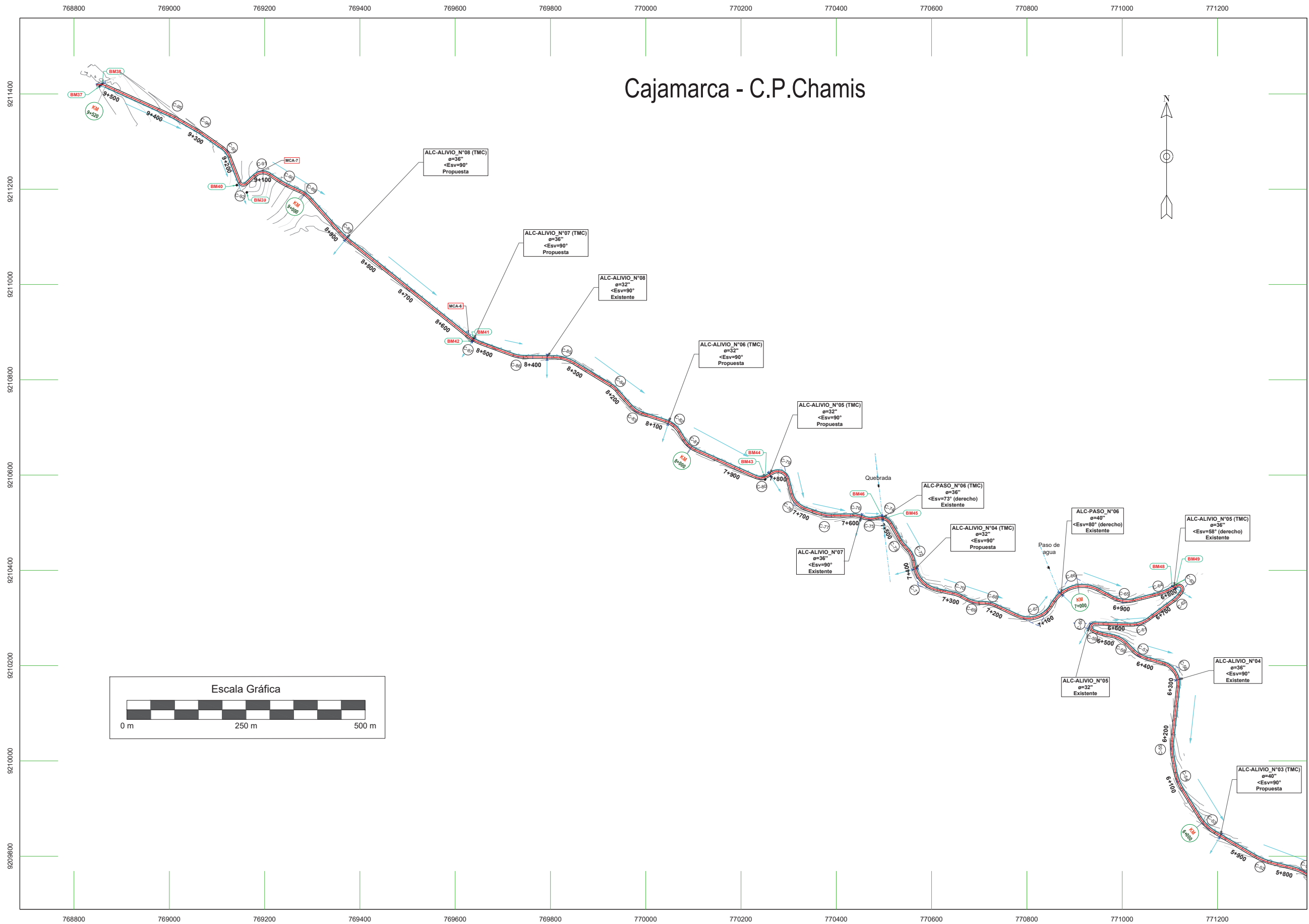


**LEYENDA**

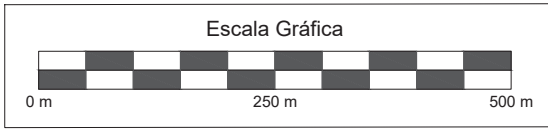
- EJE DE CAMINO VECINAL
- CURVAS DE NIVEL
- QUEBRADAS
- CUNETAS
- RIOS
- BADEN
- ALCANTARILLA DE PASO
- ALCANTARILLA DE ALIVIO
- PUENTE
- POSTE DE ALUMBRADO
- PIRCAS
- CASAS EXISTENTES
- ESTRUCTURAS

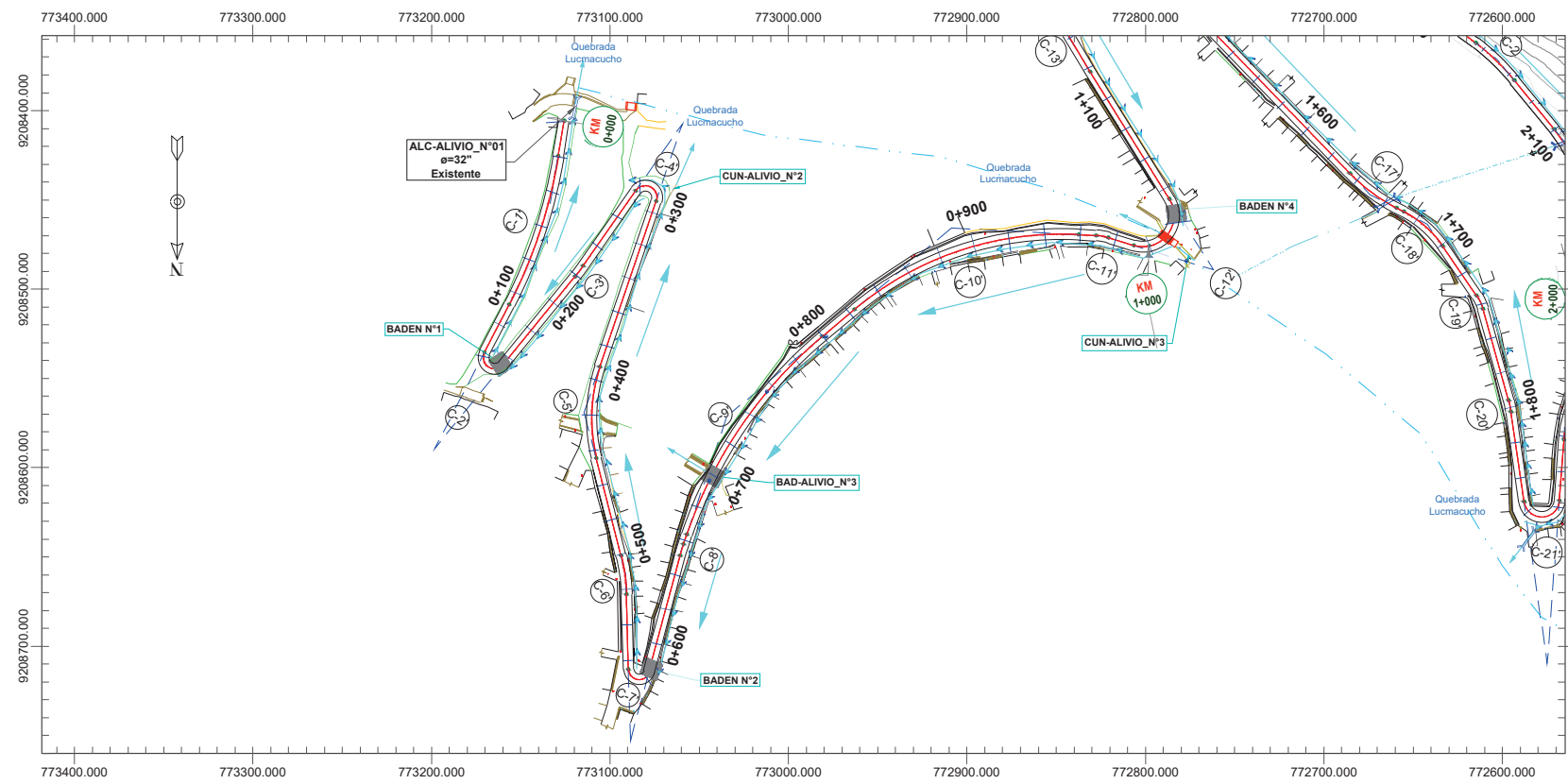
# Cajamarca - C.P. Chamis





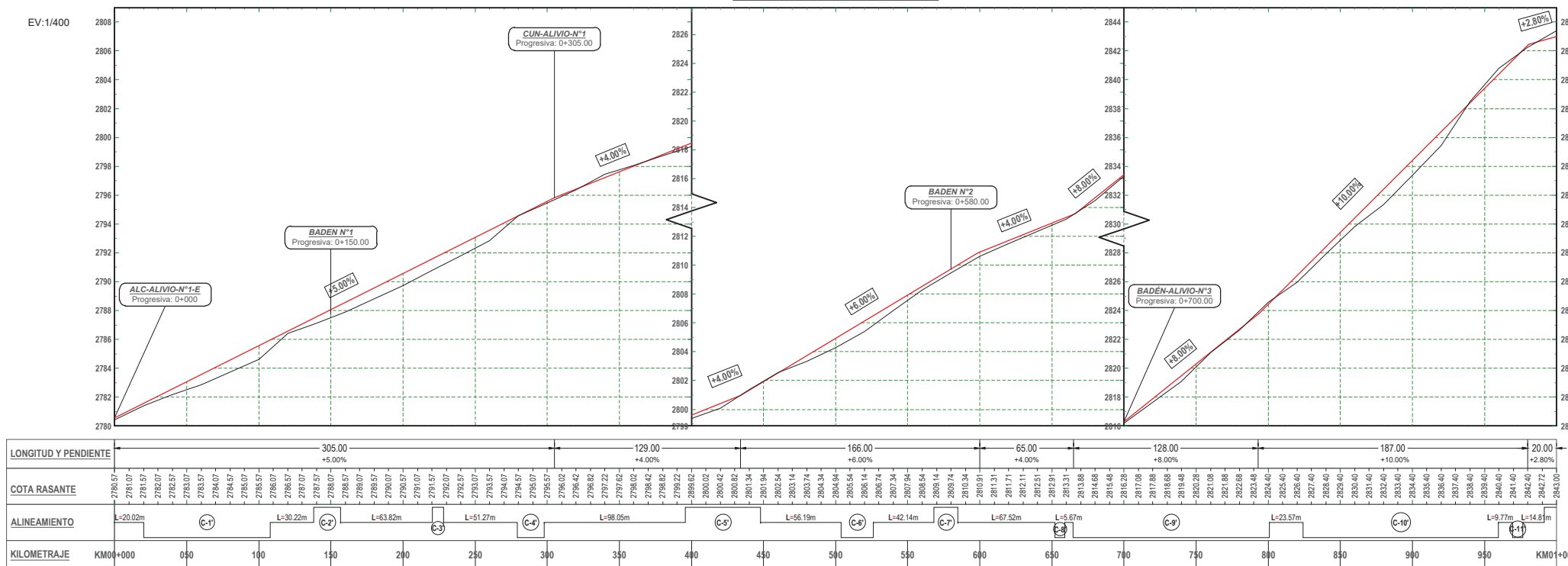
LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETAS
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS





PLANO DE PLANTA  
Escala = 1:4.000

PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal  
TRAMO: 0+000.00km - 1+000.00km  
ESC: H-1/4000 - V-1/400



EH: 1/4000

LEYENDA

	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETAS
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

N°	A	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-1	017°59'35"	Der.	280	87.93	44.33	87.57	3.49	3.44
C-2	168°05'46"	Izq.	6	18.48	60.43	12.53	54.46	5.65
C-3	004°16'31"	Izq.	100	7.46	3.73	7.46	0.07	0.07
C-4	163°50'49"	Der.	6	18.59	45.81	12.87	39.76	5.59
C-5	033°03'07"	Izq.	90	51.92	26.70	51.20	3.88	3.72
C-6	012°38'50"	Der.	100	22.07	11.08	22.03	0.61	0.61
C-7	163°24'14"	Izq.	6	16.54	39.77	11.48	34.39	4.96
C-8	003°49'23"	Der.	100	6.67	3.34	6.67	0.06	0.06
C-9	031°11'12"	Der.	250	136.08	69.77	134.40	9.55	9.20
C-10	043°06'04"	Der.	180	135.41	71.09	132.24	13.53	12.58
C-11	013°46'22"	Der.	30	7.21	3.62	7.19	0.22	0.22

CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS

N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-1	0+020.02	0+107.95	773136.156	9208469.266
C-2	0+138.17	0+156.65	773198.059	9208589.215
C-3	0+220.47	0+227.94	773117.170	9208490.038
C-4	0+279.20	0+287.78	773059.457	9208407.387
C-5	0+395.84	0+447.76	773114.344	9208568.872
C-6	0+503.95	0+526.02	773091.165	9208559.942
C-7	0+568.17	0+584.71	773088.516	9208752.898
C-8	0+652.23	0+658.90	773059.952	9208646.024
C-9	0+654.57	0+800.65	773034.581	9208571.440
C-10	0+824.22	0+959.63	772908.669	9208465.688
C-11	0+969.40	0+976.61	772824.312	9208470.219

LEYENDA PERFIL

	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETAS

NOTAS:

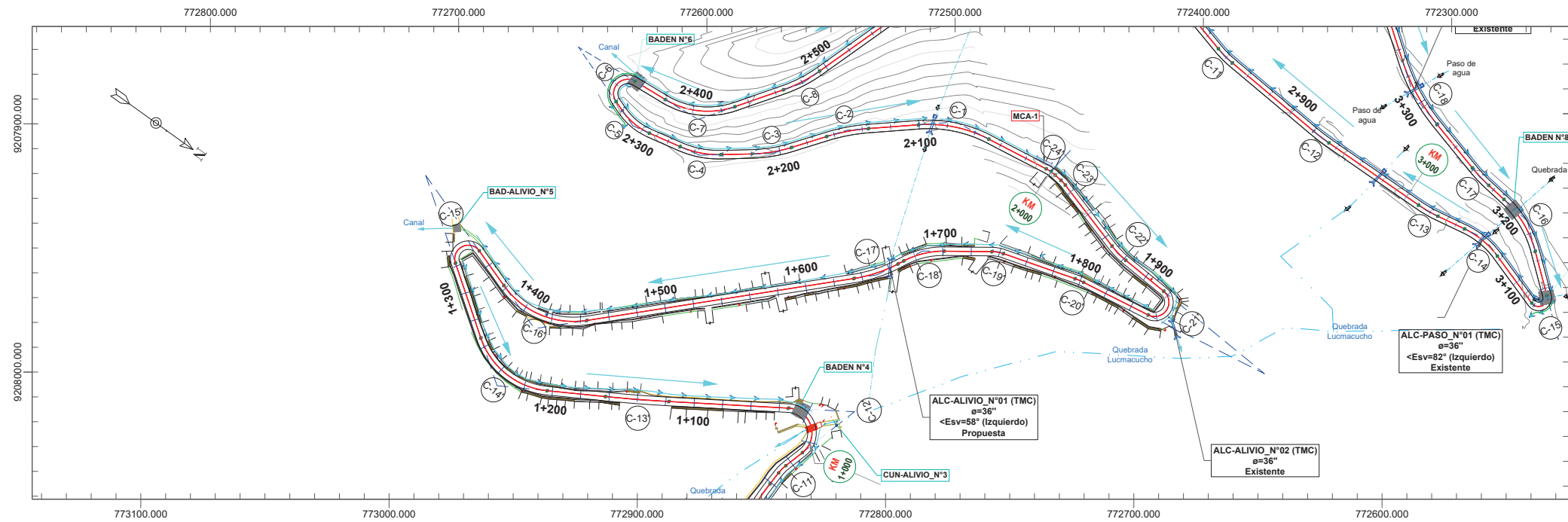
1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."

PLANO:	PLANO PLANTA PERFIL: Km 00+000-Km 01+000			LÁMINA:
DISTRITO:	CAJAMARCA	PROVINCIA:	CAJAMARCA	PP 01
ASESOR:	ING.HUGO MIRANDA TEJADA	TESISTA:	MARIANELA SOFÍA LINARES PÉREZ	
		DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA	
		ESCALA:	Indicada	
		FECHA:	Febrero-2024	



**LEYENDA**

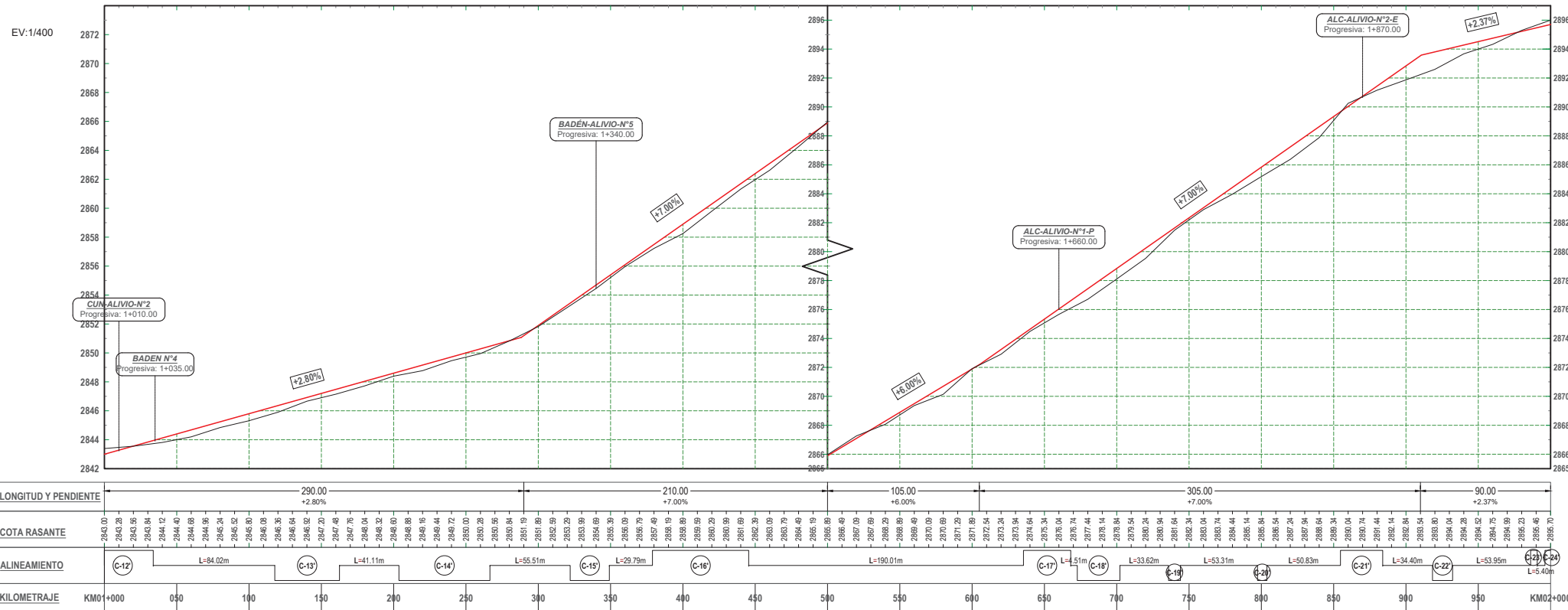
- EJE DE CAMINO VECINAL
- CURVAS DE NIVEL
- QUEBRADAS
- CUNETAS
- RIOS
- BADEN
- ALCANTARILLA DE PASO
- ALCANTARILLA DE ALIVIO
- PUENTE
- POSTE DE ALUMBRADO
- PIRCAS
- CASAS EXISTENTES
- ESTRUCTURAS

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA**

N°	$\Delta$	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-12	138°40'25"	Izq.	17	42.36	46.40	32.75	32.09	11.32
C-13	002°33'51"	Der.	1000	44.76	22.38	44.75	0.25	0.25
C-14	065°31'21"	Der.	55	62.90	35.39	59.53	10.40	8.75
C-15	163°22'25"	Der.	9	27.09	65.02	18.80	56.21	8.13
C-16	063°33'36"	Izq.	60	66.56	37.17	63.20	10.58	9.00
C-17	018°43'52"	Izq.	100	32.69	16.49	32.55	1.35	1.33
C-18	028°09'35"	Der.	60	29.49	15.05	29.19	1.86	1.80
C-19	018°49'10"	Der.	25	8.21	4.14	8.17	0.34	0.34
C-20	007°27'46"	Der.	50	6.51	3.26	6.51	0.11	0.11
C-21	167°30'54"	Izq.	10	29.24	91.42	19.88	81.96	8.91
C-22	013°17'08"	Der.	60	13.91	6.99	13.88	0.41	0.40
C-23	010°26'13"	Izq.	25	4.55	2.28	4.55	0.10	0.10
C-24	014°43'01"	Izq.	30	7.71	3.87	7.68	0.25	0.25



**PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal**  
 TRAMO: 1+000.00km - 2+000.00km  
 ESC: H-1/4000 - V-1/400



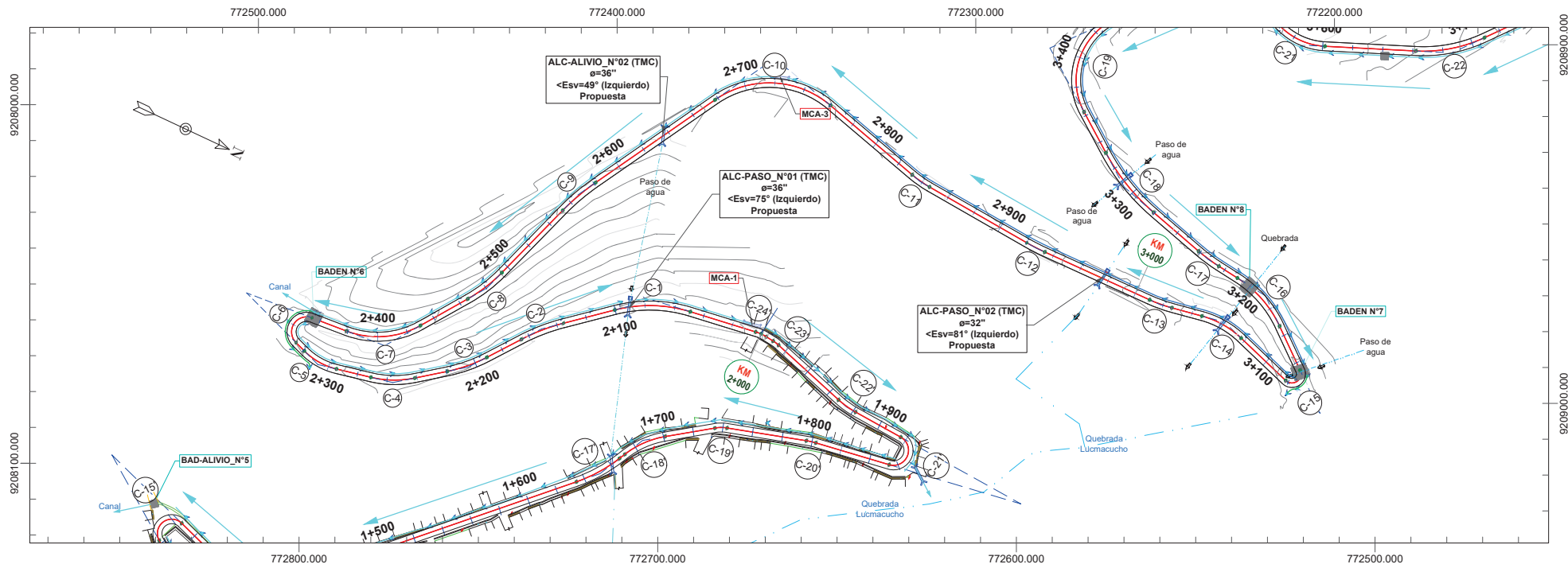
**CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS**

N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-12	0+991.42	1+033.78	772782.259	9208489.010
C-13	1+117.80	1+162.55	772842.841	9208359.177
C-14	1+203.66	1+266.56	772891.175	9208272.913
C-15	1+322.06	1+349.15	772798.958	9208147.194
C-16	1+378.94	1+445.50	772843.305	9208271.499
C-17	1+635.51	1+668.20	772674.283	9208447.001
C-18	1+672.71	1+702.20	772642.239	9208463.561
C-19	1+735.82	1+744.03	772612.330	9208507.083
C-20	1+797.34	1+803.86	772595.922	9208565.543
C-21	1+854.69	1+883.92	772575.131	9208709.560
C-22	1+918.33	1+932.24	772565.242	9208577.118
C-23	1+986.19	1+990.74	772546.172	9208516.842
C-24	1+996.15	2+003.85	772544.739	9208505.371

**LEYENDA PERFIL**

- RASANTE CAMINO VECINAL
- CUNETAS

NOTAS:  
 1. LA CUADRÍCULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S

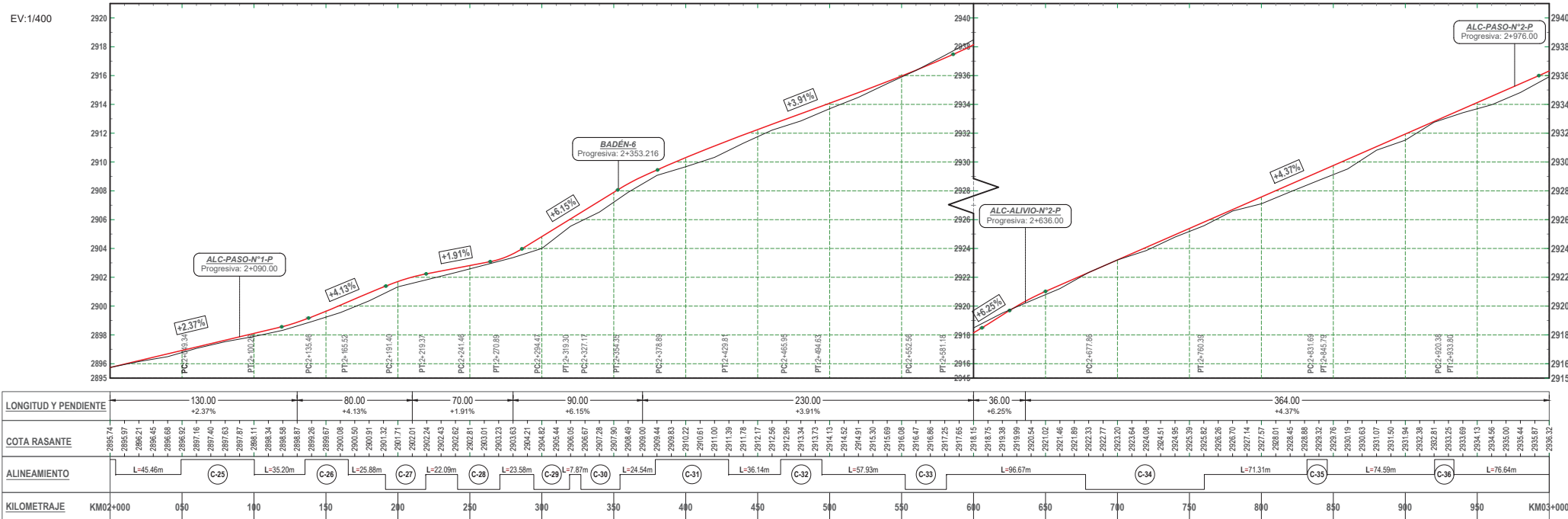


LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETETA
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M	
C-1	0°11'42.52"	Izq.	92	50.92	26.13	50.28	3.64	3.50	
C-2	0°12'57.10"	Izq.	133	30.07	15.10	30.00	0.85	0.85	
C-3	0°15'51.33"	Der.	101	27.97	14.07	27.88	0.98	0.97	
C-4	0°25'09.56"	Der.	67	29.43	14.96	29.19	1.65	1.61	
C-5	0°31'36.26"	Der.	45	24.82	12.74	24.51	1.77	1.70	
C-6	1°55'44.24"	Der.	10	27.18	46.53	19.55	37.59	7.90	
C-7	0°50'18.25"	Izq.	58	50.93	27.24	49.31	6.08	5.50	
C-8	0°16'16.99"	Izq.	101	28.68	14.44	28.58	1.03	1.02	
C-9	0°10'56.05"	Der.	150	28.63	14.36	28.58	0.69	0.68	
C-10	0°10'03.28"	Der.	63	62.53	48.39	76.75	16.44	13.04	
C-11	0°10'29.20"	Izq.	77	14.10	7.07	14.08	0.32	0.32	
C-12	0°05'18.15"	Izq.	145	13.42	6.72	13.42	0.16	0.16	

CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS				
N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-1	2+049.34	2+100.26	772554.717	9208430.565
C-2	2+135.46	2+165.52	772603.138	9208371.432
C-3	2+191.40	2+219.37	772646.674	9208337.742
C-4	2+241.46	2+270.89	772677.011	9208296.592
C-5	2+294.47	2+319.30	772687.001	9208246.302
C-6	2+327.17	2+354.35	772663.631	9208183.370
C-7	2+378.89	2+429.81	772656.996	9208281.447
C-8	2+455.95	2+494.63	772593.864	9208326.967
C-9	2+552.56	2+581.18	772512.133	9208355.968
C-10	2+677.86	2+760.39	772374.731	9208436.810
C-11	2+831.69	2+845.79	772408.669	9208558.955
C-12	2+920.38	2+933.80	772416.432	9208646.983

PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal  
TRAMO: 2+000.00km - 3+000.00km  
ESC: H-1/4000 - V-1/400



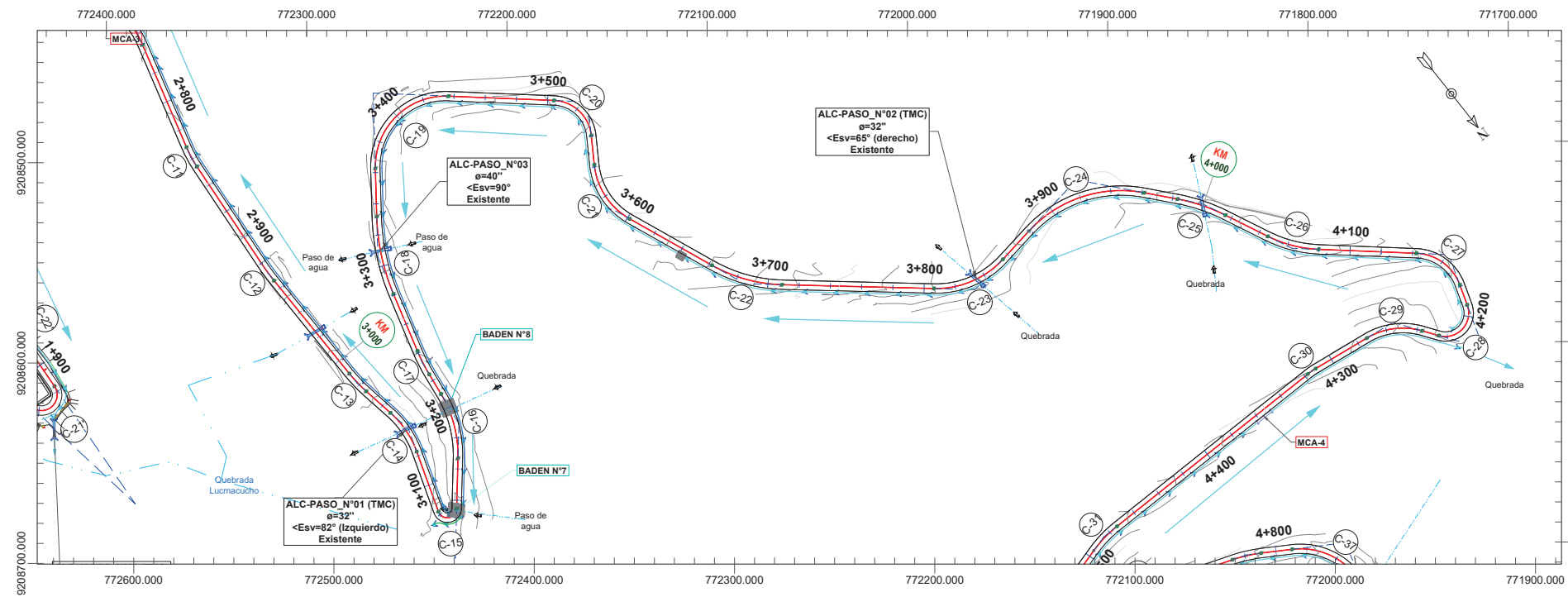
LEYENDA PERFIL	
	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETETA

EH: 1/4000

NOTA:

1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



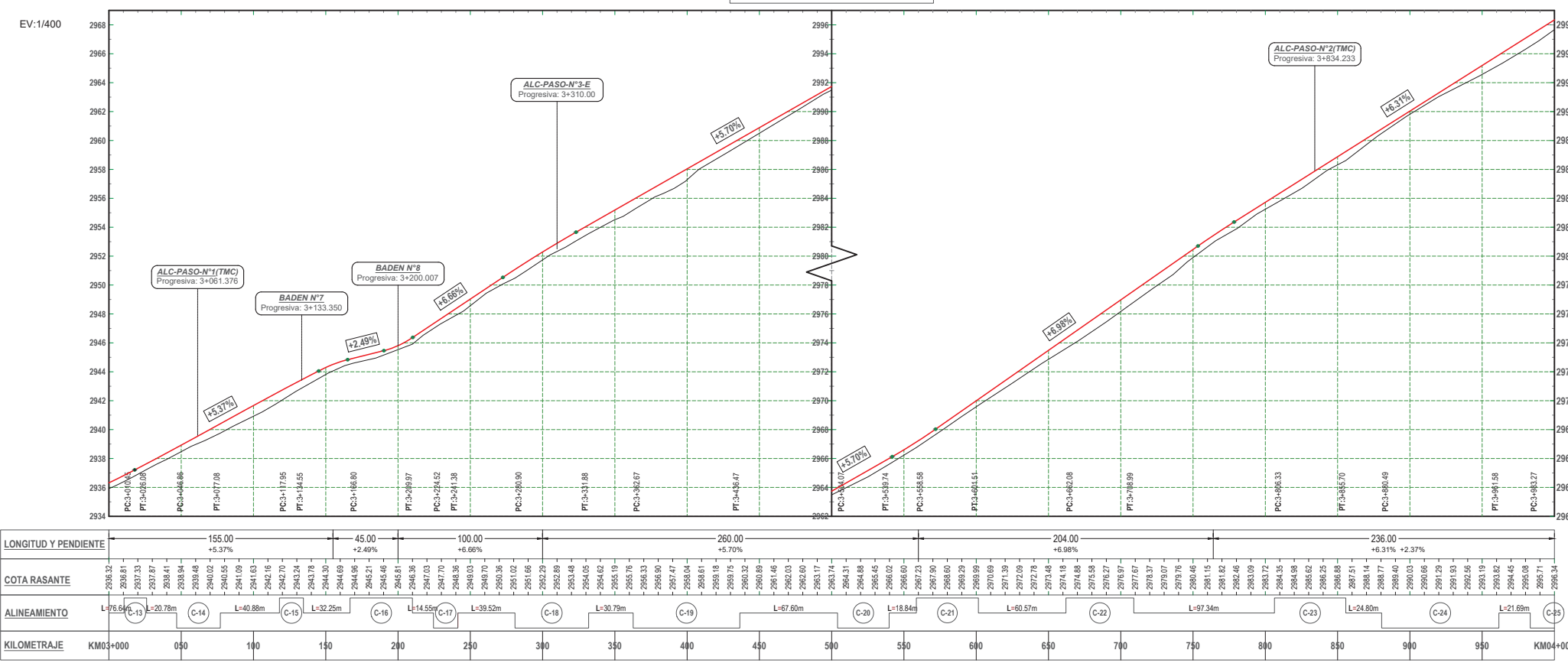


PLANO DE PLANTA  
Escala = 1:4.000

LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETA
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA										
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M		
C-13	009°19'49"	Izq.	96	15.63	7.83	15.62	0.32	0.32		
C-14	028°23'11"	Der.	61	30.22	15.43	29.91	1.92	1.86		
C-15	158°32'43"	Izq.	6	16.60	31.67	11.79	26.23	4.88		
C-16	032°32'53"	Izq.	76	43.17	22.19	42.60	3.17	3.05		
C-17	008°15'12"	Der.	117	16.85	8.44	16.84	0.30	0.30		
C-18	021°09'55"	Der.	138	50.98	25.78	50.69	2.39	2.35		
C-19	053°58'19"	Der.	45	73.81	48.23	65.81	20.97	14.30		
C-20	081°44'52"	Der.	25	35.67	21.64	32.72	8.06	6.10		
C-21	054°39'31"	Izq.	45	42.93	23.26	41.32	5.65	5.02		
C-22	027°59'57"	Izq.	96	46.91	23.93	46.45	2.94	2.85		
C-23	048°45'40"	Izq.	58	49.36	26.29	47.88	5.68	5.17		
C-24	058°04'36"	Der.	80	81.09	44.41	77.66	11.50	10.06		
C-25	015°43'52"	Der.	118	32.40	16.30	32.30	1.12	1.11		

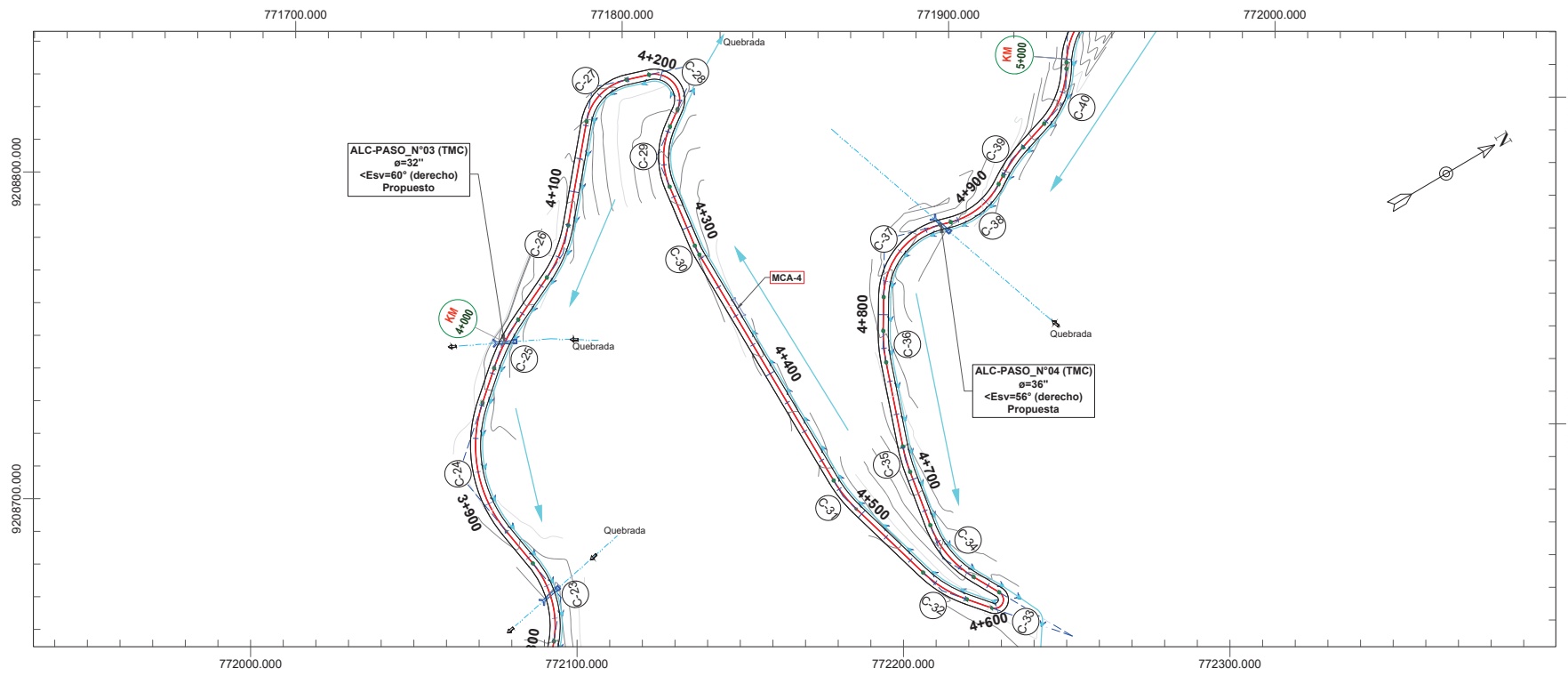
PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal  
TRAMO: 3+000.00km - 4+000.00km  
ESC: H-1/4000 - V-1/400



CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS				
N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-13	3+010.45	3+026.08	772416.012	9208738.175
C-14	3+046.86	3+077.08	772408.672	9208781.596
C-15	3+117.95	3+134.55	772437.011	9208864.881
C-16	3+166.80	3+209.97	772381.382	9208799.161
C-17	3+224.52	3+241.38	772375.329	9208754.389
C-18	3+280.90	3+331.88	772355.061	9208683.481
C-19	3+362.67	3+436.47	772291.818	9208599.912
C-20	3+504.07	3+539.74	772188.208	9208690.263
C-21	3+558.58	3+601.51	772222.767	9208743.813
C-22	3+662.08	3+708.99	772162.712	9208843.850
C-23	3+806.33	3+855.70	772069.971	9208939.054
C-24	3+880.49	3+961.58	771975.544	9208924.804
C-25	3+983.27	4+015.67	771922.017	9208987.464

LEYENDA PERFIL	
	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETA

NOTA:  
1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S

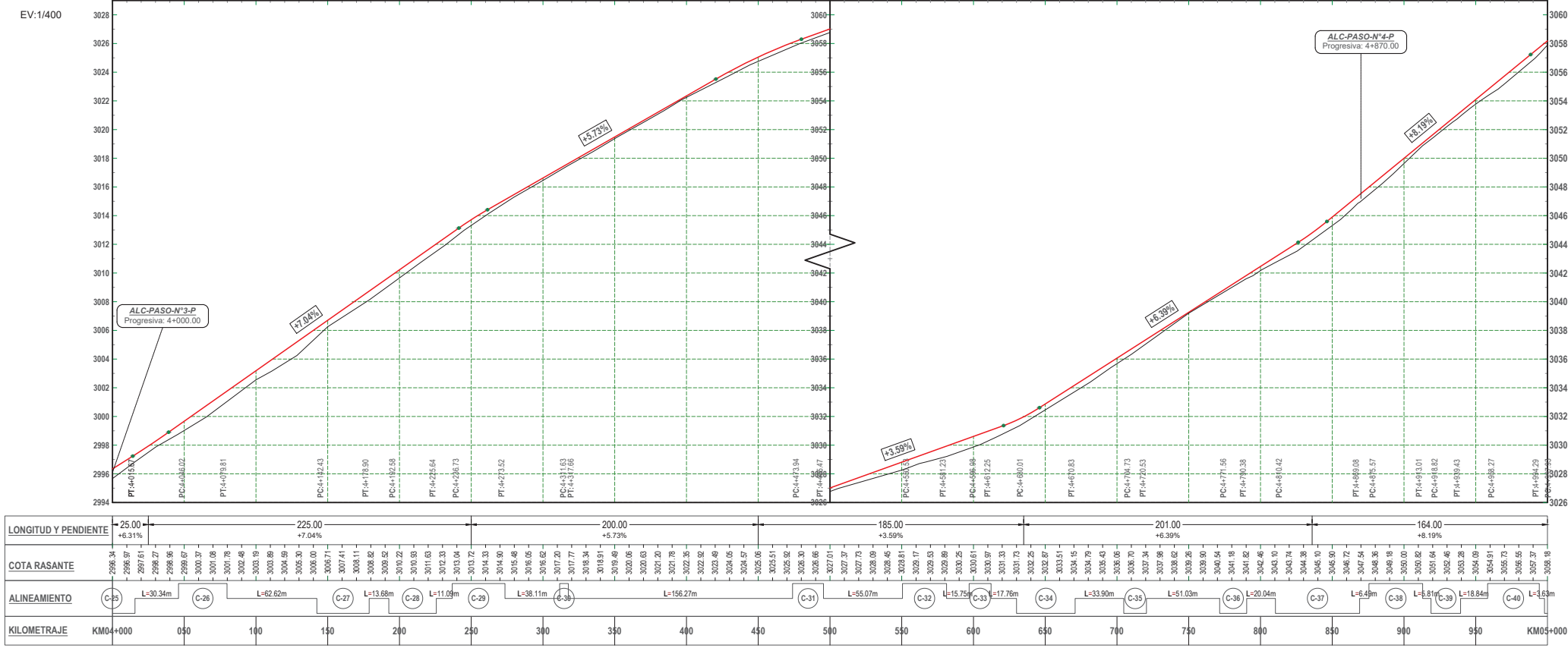


PLANO DE PLANTA  
Escala = 1:4.000

LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETA
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA										
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M		
C-26	024°12'08"	Izq.	80	33.79	17.15	33.54	1.82	1.78		
C-27	067°24'08"	Der.	31	36.47	20.88	34.40	6.26	5.21		
C-28	126°17'15"	Der.	15	33.06	29.62	26.76	18.20	8.22		
C-29	046°30'25"	Izq.	45	36.79	19.49	35.77	4.04	3.71		
C-30	007°41'06"	Izq.	45	6.04	3.02	6.03	0.10	0.10		
C-31	015°36'58"	Izq.	79	21.53	10.83	21.47	0.74	0.73		
C-32	024°25'38"	Izq.	72	30.70	15.58	30.46	1.67	1.63		
C-33	168°17'34"	Izq.	5	15.27	50.72	10.35	45.79	4.67		
C-34	038°20'16"	Der.	61	40.82	21.21	40.06	3.58	3.38		
C-35	009°31'34"	Der.	95	15.80	7.92	15.78	0.33	0.33		
C-36	011°58'59"	Der.	90	18.82	9.45	18.79	0.49	0.49		
C-37	074°41'48"	Der.	45	58.67	34.34	54.60	11.61	9.23		
C-38	047°40'09"	Izq.	45	37.44	19.88	36.37	4.20	3.84		
C-39	014°24'22"	Der.	82	20.62	10.36	20.56	0.65	0.65		
C-40	040°27'56"	Izq.	51	36.02	18.80	35.28	3.35	3.15		

PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal  
TRAMO: 4+000.00km - 5+000.00km  
ESC: H-1/4000 - V-1/400



CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS				
N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-26	4+046.02	4+079.81	771895.284	9209045.389
C-27	4+142.43	4+178.90	771819.502	9209111.321
C-28	4+192.58	4+225.64	771839.724	9209172.019
C-29	4+236.73	4+273.52	771874.501	9209122.877
C-30	4+311.63	4+317.66	771934.557	9209114.572
C-31	4+473.94	4+495.47	772104.683	9209114.013
C-32	4+550.53	4+581.23	772183.231	9209135.689
C-33	4+596.98	4+612.25	772246.220	9209188.273
C-34	4+630.01	4+670.83	772167.140	9209145.963
C-35	4+704.73	4+720.53	772105.110	9209157.113
C-36	4+771.56	4+790.38	772040.727	9209180.186
C-37	4+810.42	4+869.08	771986.423	9209213.723
C-38	4+875.57	4+913.01	772003.558	9209271.961
C-39	4+918.82	4+939.43	771984.844	9209302.773
C-40	4+958.27	4+994.29	771970.916	9209348.709

LEYENDA PERFIL	
	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETA

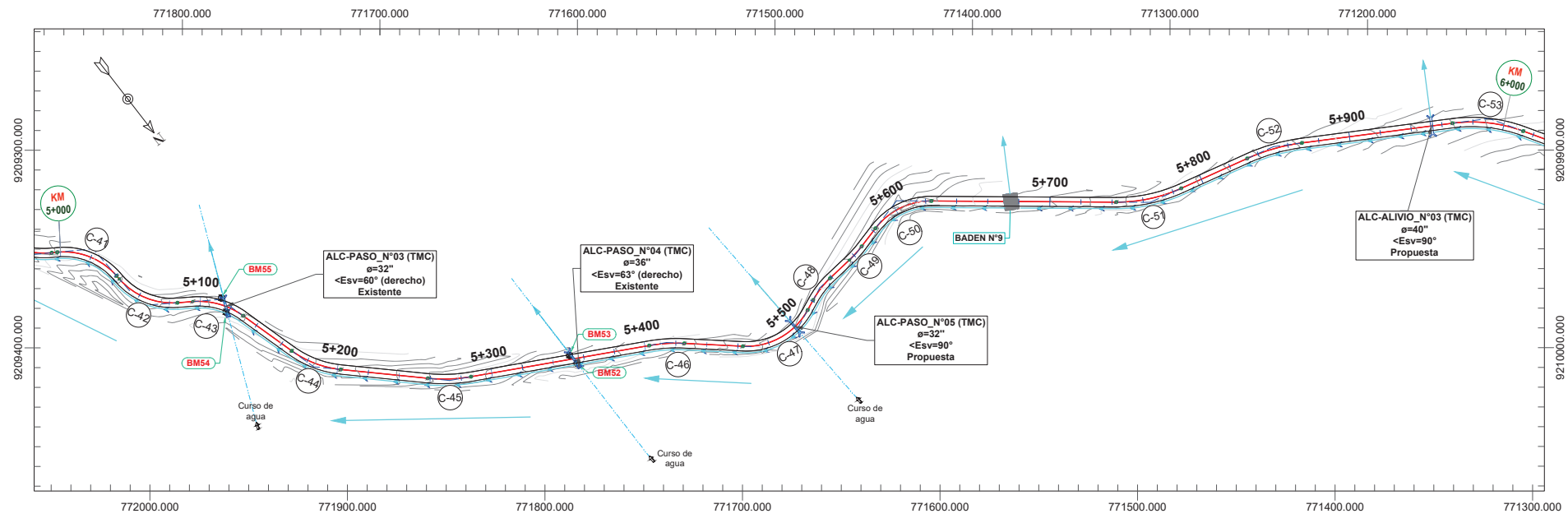
NOTA:  
1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."

PLANO: PLANO PLANTA PERFIL: Km 04+000-Km 05+000			
DISTRITO: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	
ASESOR: ING. HUGO MIRANDA TEJADA	TESISTA: MARIANELA SOFÍA LINARES PÉREZ	ESCALA: Indicada	FECHA: Febrero-2024

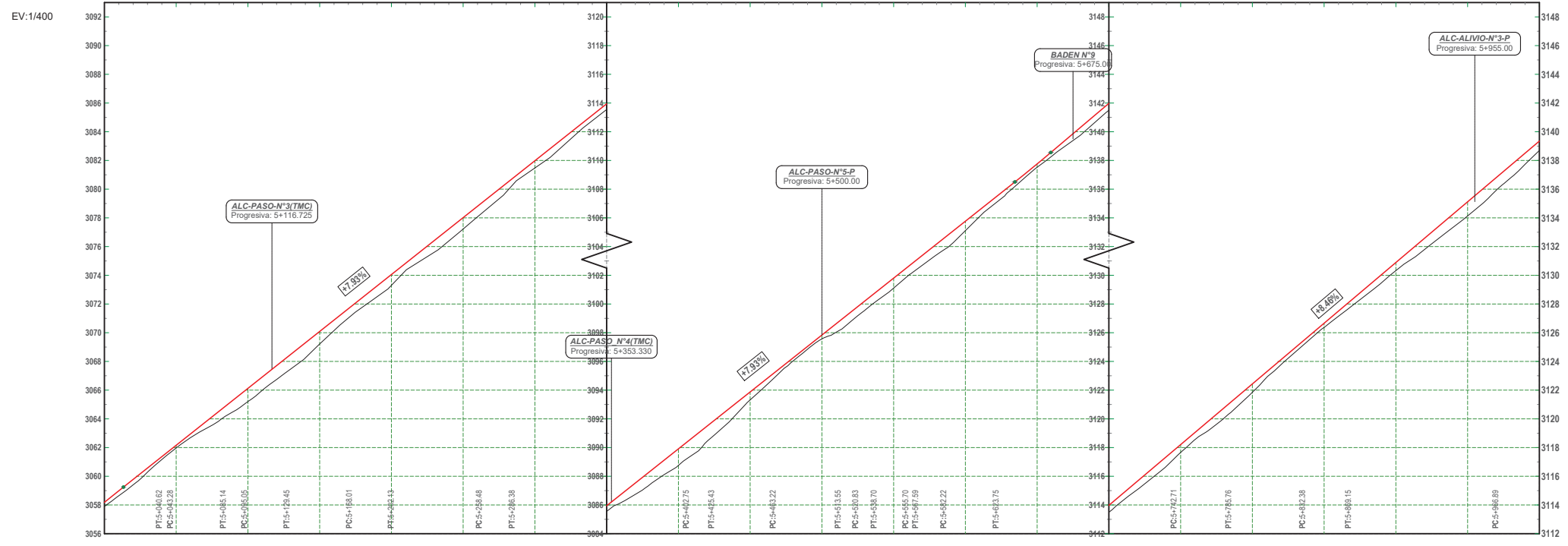
LÁMINA:  
**PP 05**



LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETETA
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

CUADRO DE BMs				
N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
3398	BMS2	771733.16	9209623.54	3086.62
3427	BMS3	771733.72	9209616.55	3086.45
3494	BMS4	771890.44	9209458.11	3067.60
3495	BMS5	771887.18	9209449.12	3067.18

PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal  
TRAMO: 5+000.00km - 6+000.00km  
ESC: H:1/4000 - V:1/400



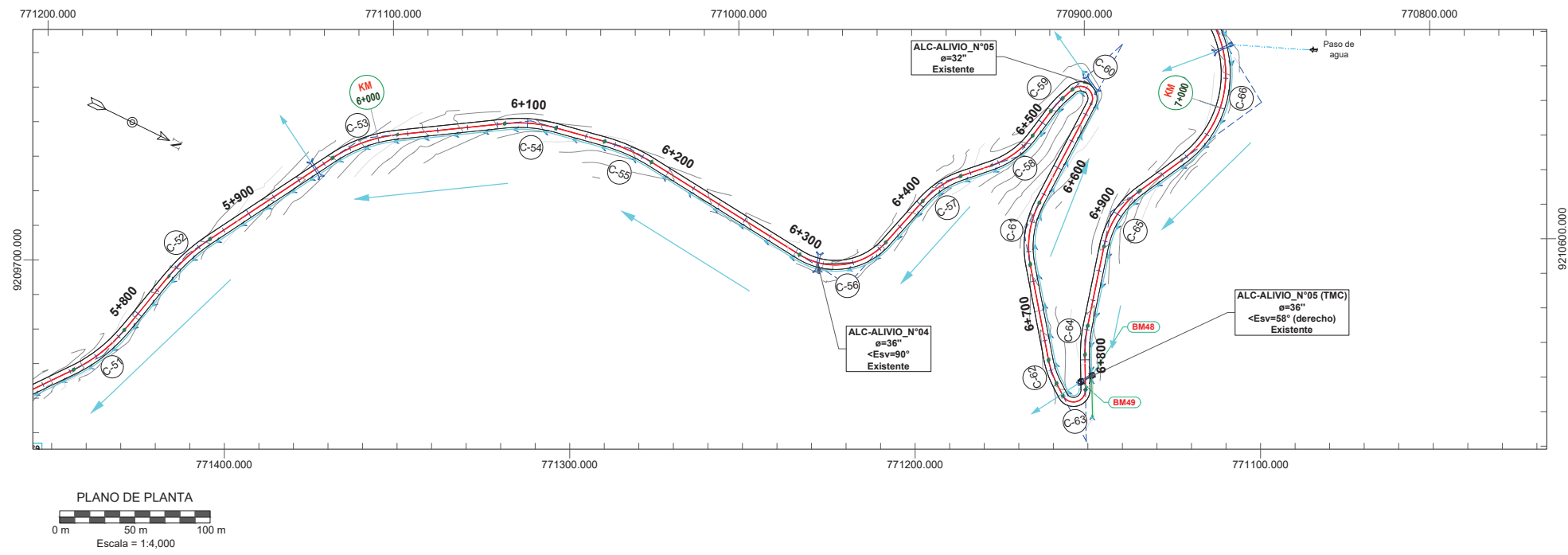
LONGITUD Y PENDIENTE	650.00 +7.93%		350.00 +8.46%	
COTA RASANTE	3058.18	3058.99	3069.78	3114.00
ALINEAMIENTO	C-41	C-42	C-43	C-44
KILOMETRAJE	KM05+000	050	100	150

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA								
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-41	064°22'01"	Der.	45	42.70	23.11	41.12	5.59	4.97
C-42	053°17'38"	Izq.	45	41.86	22.58	40.36	5.35	4.78
C-43	040°13'09"	Der.	49	34.39	17.94	33.69	3.18	2.99
C-44	030°04'35"	Izq.	65	34.12	17.46	33.73	2.30	2.23
C-45	015°40'17"	Izq.	102	27.90	14.04	27.81	0.96	0.95
C-46	012°44'22"	Der.	102	22.68	11.39	22.63	0.63	0.63
C-47	064°05'03"	Izq.	45	50.33	28.17	47.75	8.09	6.86
C-48	017°57'28"	Der.	57	17.87	9.01	17.79	0.71	0.70
C-49	009°12'17"	Izq.	74	11.89	5.96	11.88	0.24	0.24
C-50	052°52'02"	Der.	45	41.52	22.37	40.06	5.25	4.70
C-51	024°40'03"	Izq.	100	43.05	21.87	42.72	2.36	2.31
C-52	019°51'19"	Der.	125	36.77	18.52	36.64	1.36	1.35
C-53	027°36'49"	Der.	96	46.27	23.59	45.82	2.86	2.77

CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS				
N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-41	4+997.93	5+040.62	771932.580	9209373.290
C-42	5+043.28	5+085.14	771930.078	9209421.575
C-43	5+095.05	5+129.45	771888.140	9209449.587
C-44	5+168.01	5+202.13	771867.700	9209520.673
C-45	5+258.48	5+286.38	771804.379	9209581.570
C-46	5+402.75	5+425.43	771679.430	9209648.598
C-47	5+463.22	5+513.55	771621.013	9209699.288
C-48	5+520.83	5+538.70	771580.138	9209681.825
C-49	5+555.70	5+567.59	771548.300	9209678.940
C-50	5+582.22	5+623.75	771506.684	9209668.270
C-51	5+742.71	5+785.76	771378.939	9209769.631
C-52	5+832.38	5+869.15	771294.454	9209790.612
C-53	5+966.89	6+013.15	771174.174	9209861.954

LEYENDA PERFIL	
	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETETA

NOTA:  
1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



**LEYENDA**

- EJE DE CAMINO VECINAL
- CURVAS DE NIVEL
- QUEBRADAS
- CUNETETA
- RIOS
- BADEN
- ALCANTARILLA DE PASO
- ALCANTARILLA DE ALIVIO
- PUENTE
- POSTE DE ALUMBRADO
- PIRCAS
- CASAS EXISTENTES
- ESTRUCTURAS

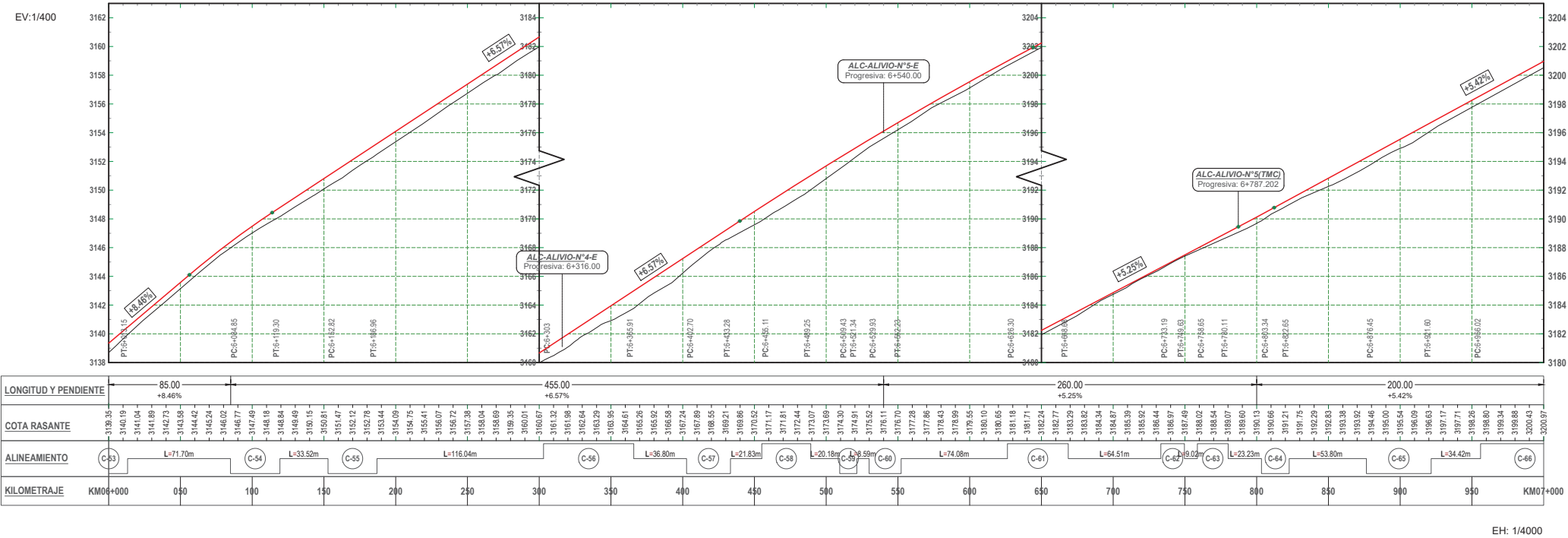
**CUADRO DE Bms**

N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
3026	BM48	771104.57	9210367.43	3189.65
3027	BM49	771111.56	9210362.63	3189.44

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA**

N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-54	021°27'20"	Der.	92	34.45	17.43	34.25	1.64	1.61
C-55	016°26'11"	Der.	119	34.14	17.19	34.02	1.23	1.22
C-56	080°05'50"	Izq.	45	62.91	37.82	57.91	13.79	10.55
C-57	029°11'55"	Der.	60	30.58	15.63	30.25	2.00	1.94
C-58	034°19'04"	Izq.	57	34.14	17.60	33.63	2.66	2.54
C-59	011°11'18"	Der.	61	11.91	5.97	11.89	0.29	0.29
C-60	159°42'23"	Der.	8	22.30	44.70	15.75	37.41	6.59
C-61	038°32'35"	Izq.	63	42.38	22.03	41.59	3.74	3.53
C-62	016°14'15"	Izq.	58	16.44	8.27	16.38	0.59	0.58
C-63	153°44'24"	Izq.	8	21.47	34.30	15.58	27.22	6.18
C-64	012°25'48"	Der.	89	19.31	9.69	19.27	0.53	0.52
C-65	042°24'29"	Der.	61	45.15	23.67	44.13	4.43	4.13

**PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal**  
 TRAMO: 6+000.00km - 7+000.00km  
 ESC: H-1/4000 - V-1/400



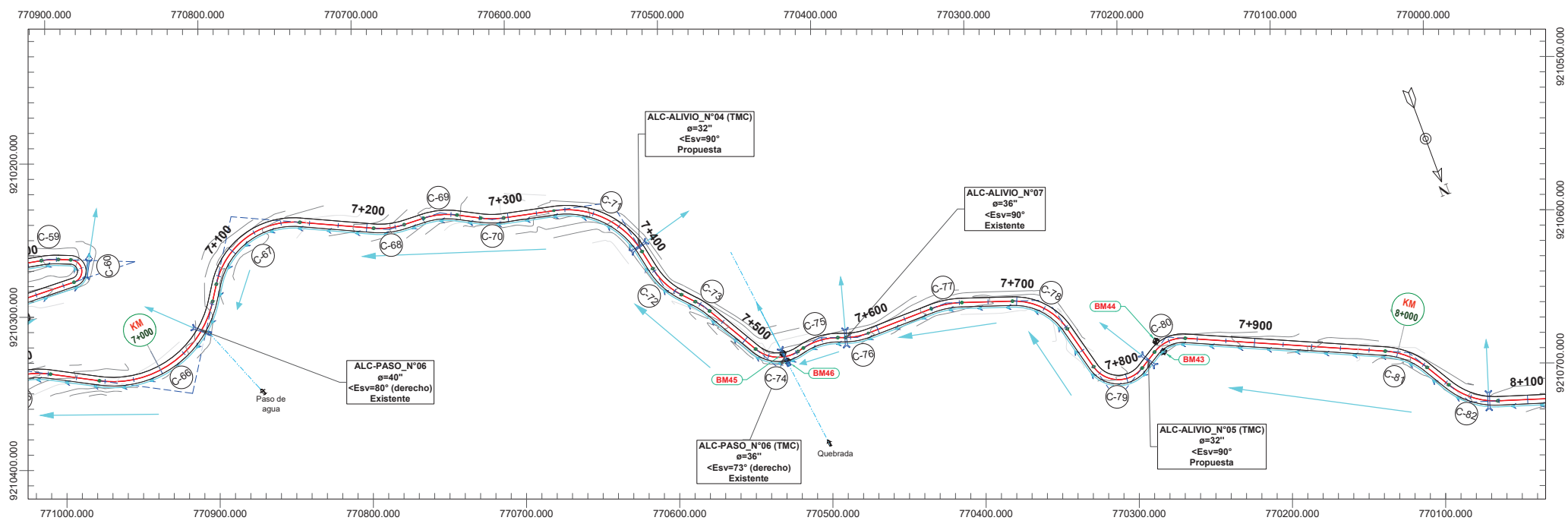
**CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS**

N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-54	6+084.85	6+119.30	771114.923	9209957.842
C-55	6+152.82	6+186.96	771102.790	9210024.892
C-56	6+303	6+365.91	771121.201	9210194.950
C-57	6+402.70	6+433.28	771034.485	9210219.949
C-58	6+455.11	6+489.25	770995.746	9210259.069
C-59	6+509.43	6+521.34	770962.789	9210267.391
C-60	6+529.93	6+552.23	770897.900	9210289.736
C-61	6+626.30	6+668.68	771038.629	9210285.172
C-62	6+733.19	6+749.63	771114.658	9210341.812
C-63	6+758.65	6+780.11	771145.762	9210382.973
C-64	6+803.34	6+822.65	771085.696	9210352.811
C-65	6+876.45	6+921.80	771001.210	9210331.381

**LEYENDA PERFIL**

- RASANTE CAMINO VECINAL
- CUNETETA

NOTA:  
 1. LA CUADRÍCULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



**LEYENDA**

- EJE DE CAMINO VECINAL
- CURVAS DE NIVEL
- QUEBRADAS
- CUNETAS
- RIOS
- BADEN
- ALCANTARILLA DE PASO
- ALCANTARILLA DE ALIVIO
- PUENTE
- POSTE DE ALUMBRADO
- PIRCAS
- CASAS EXISTENTES
- ESTRUCTURAS

**CUADRO DE BMS**

N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
2606	BM43	770248.19	9210599.34	3244.40
2607	BM44	770250.58	9210590.75	3244.51
2719	BM45	770497.13	9210507.82	3232.56
2720	BM46	770496.08	9210513.89	3232.64

**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA**

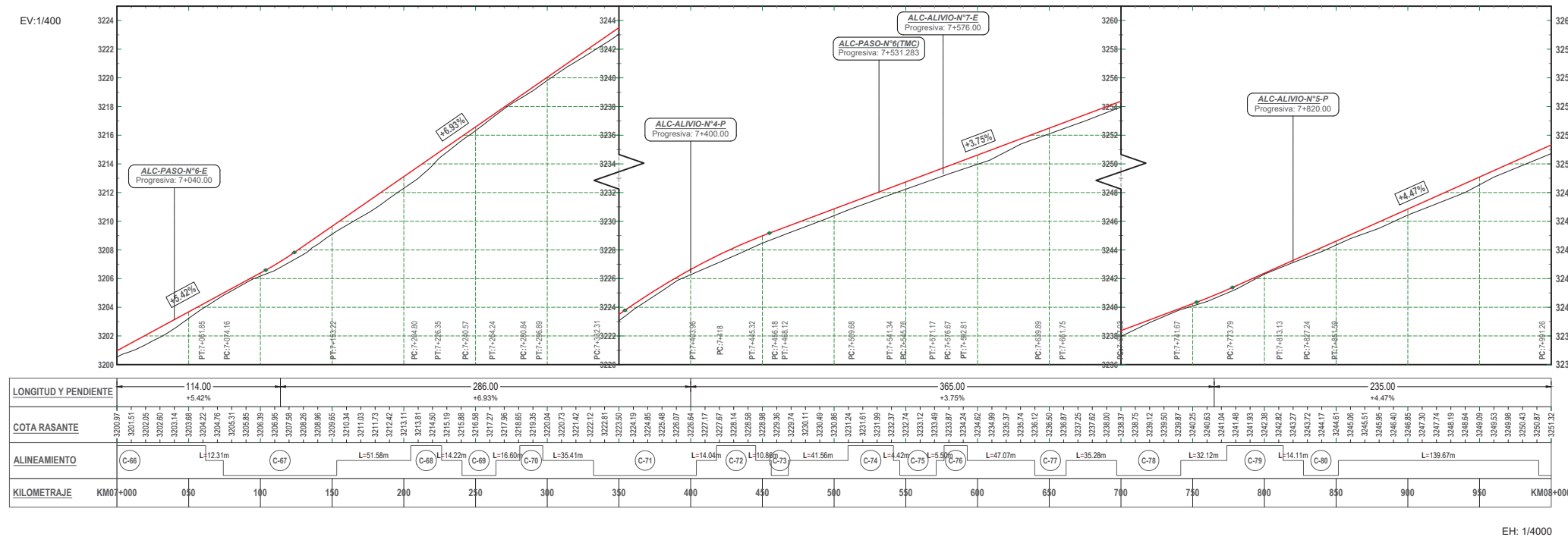
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-66	085°24'06"	Izq.	71	105.83	65.52	96.30	25.61	18.82
C-67	082°21'04"	Der.	55	79.05	48.11	72.42	18.07	13.60
C-68	022°52'11"	Izq.	54	21.55	10.92	21.41	1.09	1.07
C-69	025°35'31"	Der.	53	23.67	12.04	23.48	1.36	1.32
C-70	015°35'30"	Izq.	59	16.06	8.08	16.01	0.55	0.55
C-71	066°12'53"	Der.	62	71.65	40.43	67.73	12.02	10.07
C-72	031°18'14"	Izq.	50	27.32	14.01	26.98	1.93	1.85
C-73	012°54'10"	Der.	53	11.94	5.99	11.91	0.34	0.34
C-74	072°34'01"	Izq.	25	31.66	18.35	29.59	6.01	4.85
C-75	032°20'57"	Der.	45	25.41	13.05	25.07	1.85	1.78
C-76	020°33'15"	Izq.	45	16.14	8.16	16.06	0.73	0.72
C-77	019°34'27"	Der.	64	21.86	11.04	21.76	0.95	0.93
C-78	056°50'23"	Der.	45	44.64	24.35	42.83	6.17	5.42
C-79	107°20'10"	Izq.	21	39.34	28.55	33.84	14.45	8.56
C-80	055°47'58"	Der.	25	24.35	13.24	23.40	3.29	2.91

**CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS**

N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-66	6+956.02	7+061.85	770892.250	9210389.742
C-67	7+074.16	7+153.22	770824.078	9210283.850
C-68	7+204.80	7+226.35	770723.932	9210330.813
C-69	7+240.57	7+264.24	770686.782	9210332.275
C-70	7+280.84	7+296.89	770654.322	9210349.423
C-71	7+332.31	7+403.96	770572.313	9210367.235
C-72	7+418	7+445.32	770558.625	9210434.333
C-73	7+456.18	7+468.12	770537.640	9210456.966
C-74	7+509.88	7+541.34	770504.755	9210514.082
C-75	7+545.76	7+571.17	770489.778	9210506.329
C-76	7+576.67	7+592.81	770444.652	9210515.400
C-77	7+639.89	7+661.75	770378.386	9210514.585
C-78	7+697.03	7+741.67	770311.515	9210537.442
C-79	7+773.79	7+813.13	770290.528	9210619.835
C-80	7+827.24	7+851.59	770242.925	9210590.519



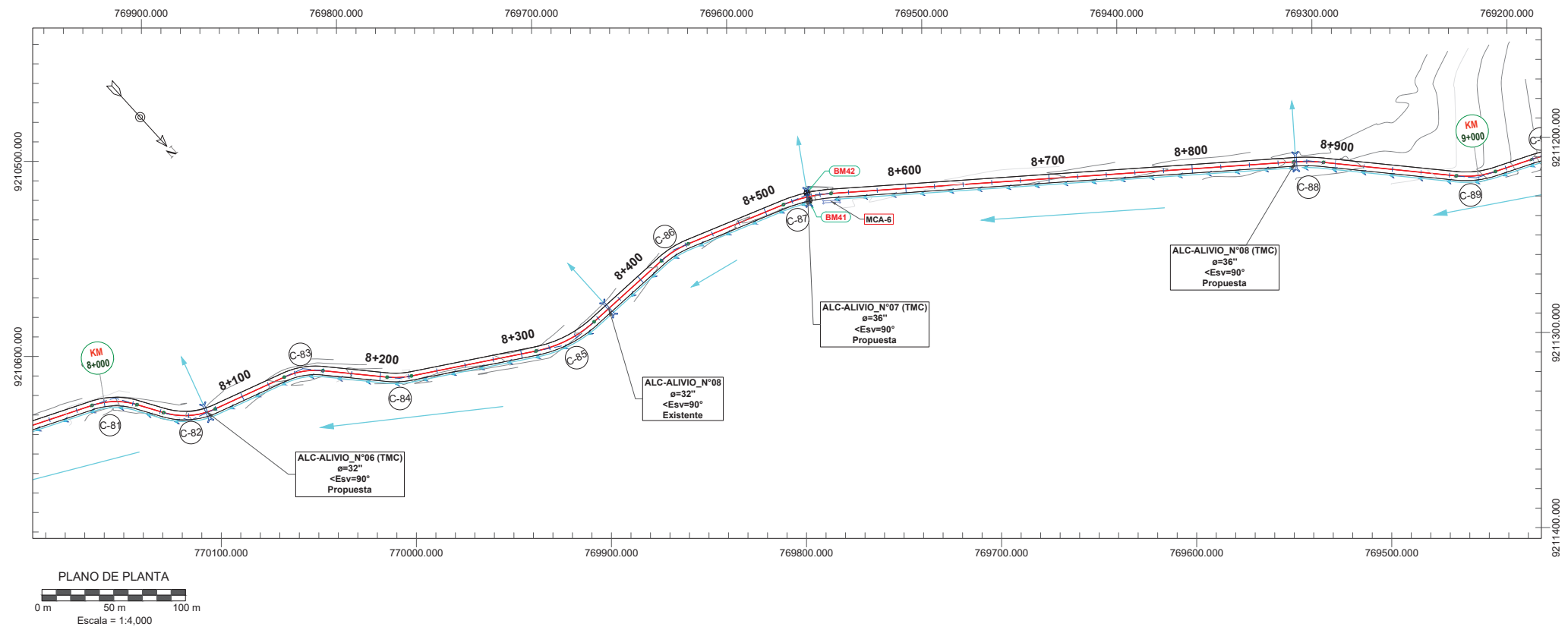
**PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal**  
TRAMO: 7+000.00km - 8+000.00km  
ESC: H-1/4000 - V-1/400



**LEYENDA PERFIL**

- RASANTE CAMINO VECINAL
- CUNETAS

**NOTAS:**  
1. LA CUADRÍCULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



**LEYENDA**

- EJE DE CAMINO VECINAL
- CURVAS DE NIVEL
- QUEBRADAS
- CUNETA
- RIOS
- BADEN
- ALCANTARILLA DE PASO
- ALCANTARILLA DE ALIVIO
- PUENTE
- POSTE DE ALUMBRADO
- PIRCAS
- CASAS EXISTENTES
- ESTRUCTURAS

**CUADRO DE Bms**

N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
2442	BM41	769639.04	9210886.64	3267.53
2443	BM42	769636.69	9210881.64	3267.51

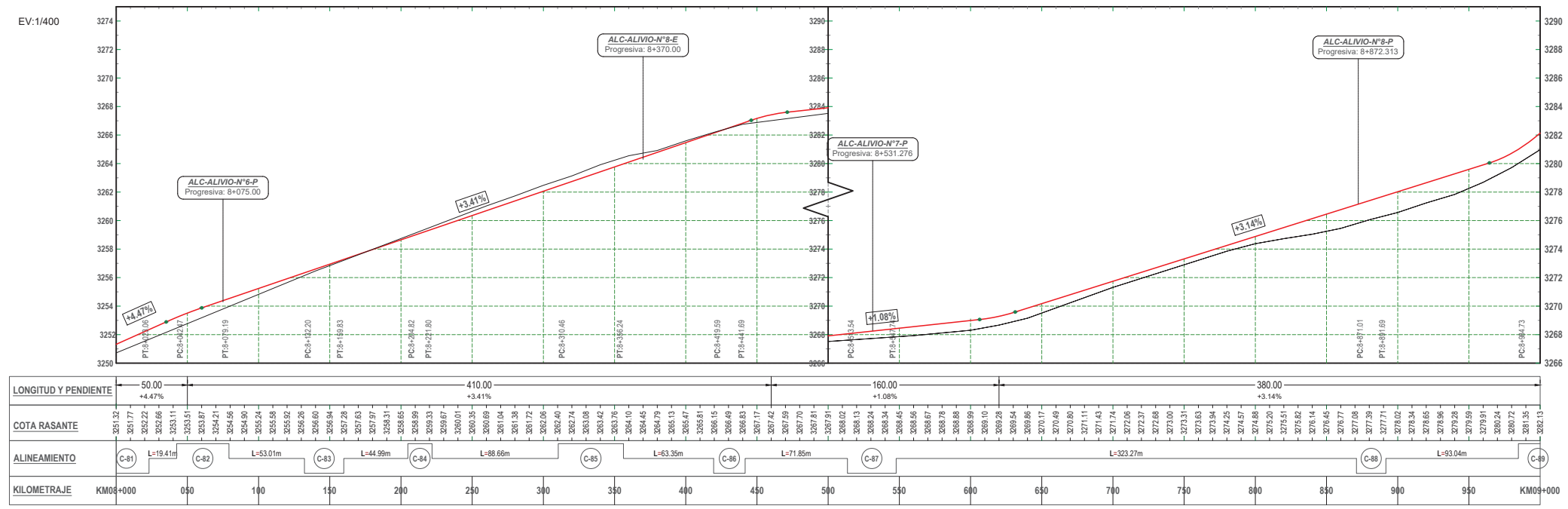
**CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA**

N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E	M
C-81	035°02'13"	Der.	52	31.80	16.41	31.31	2.53	2.41
C-82	041°15'26"	Izq.	51	36.72	19.20	35.94	3.49	3.27
C-83	030°26'16"	Der.	52	27.62	14.15	27.30	1.89	1.82
C-84	017°04'01"	Izq.	57	16.98	8.55	16.92	0.64	0.63
C-85	030°51'33"	Izq.	65	45.78	23.46	45.23	3.18	3.06
C-86	019°47'21"	Der.	64	22.10	11.16	22.00	0.97	0.95
C-87	019°29'09"	Der.	106	34.20	17.25	34.05	1.39	1.38
C-88	009°42'48"	Der.	122	20.68	10.37	20.66	0.44	0.44
C-89	024°21'50"	Izq.	65	27.64	14.03	27.43	1.50	1.46

**CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS**

N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-81	7+991.26	8+023.06	770068.449	9210659.856
C-82	8+042.47	8+079.19	770060.285	9210707.120
C-83	8+132.20	8+159.83	769978.133	9210733.738
C-84	8+204.82	8+221.80	769933.181	9210784.351
C-85	8+310.46	8+356.24	769830.098	9210847.085
C-86	8+419.59	8+441.69	769732.127	9210847.876
C-87	8+513.54	8+547.74	769638.062	9210882.582
C-88	8+671.01	8+691.69	769564.367	9211102.149
C-89	8+844.73	9+012.37	769286.478	9211190.035

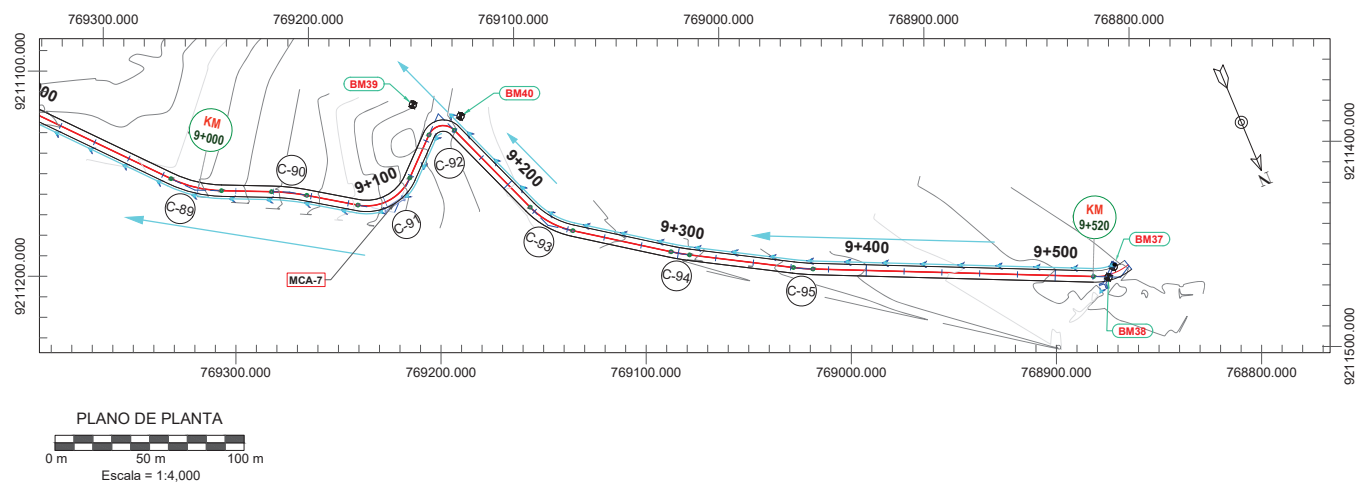
**PERFIL LONGITUDINAL - Camino Vecinal**  
 TRAMO: 8+000.00km - 9+000.00km  
 ESC: H-1/4000 - V-1/400



**LEYENDA PERFIL**

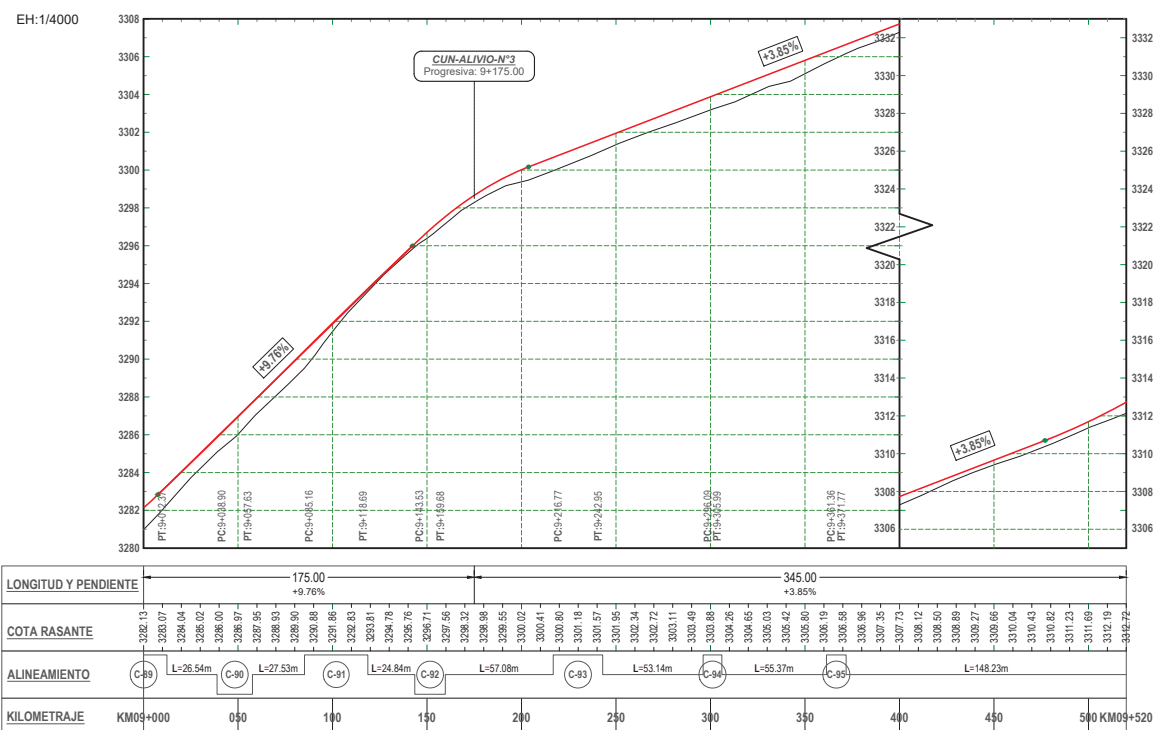
- RASANTE CAMINO VECINAL
- CUNETA

NOTA:  
 1. LA CUADRICULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



LEYENDA	
	EJE DE CAMINO VECINAL
	CURVAS DE NIVEL
	QUEBRADAS
	CUNETAS
	RIOS
	BADEN
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PUENTE
	POSTE DE ALUMBRADO
	PIRCAS
	CASAS EXISTENTES
	ESTRUCTURAS

PERFIL LONGITUDINAL -- Camino Vecinal  
TRAMO: 9+000.00km - 9+520.00km  
ESC: H-1/4000--V-1/400



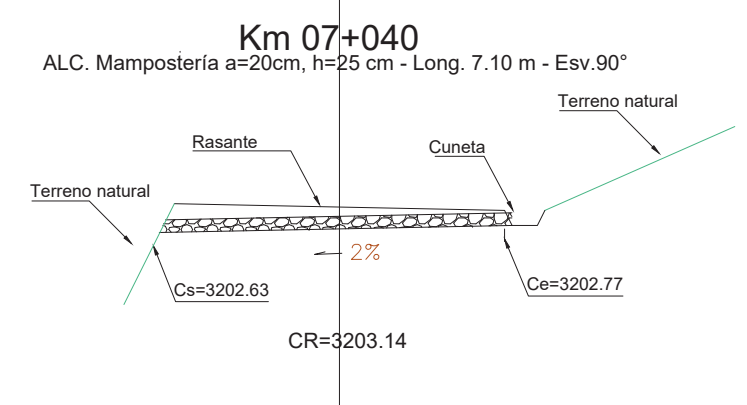
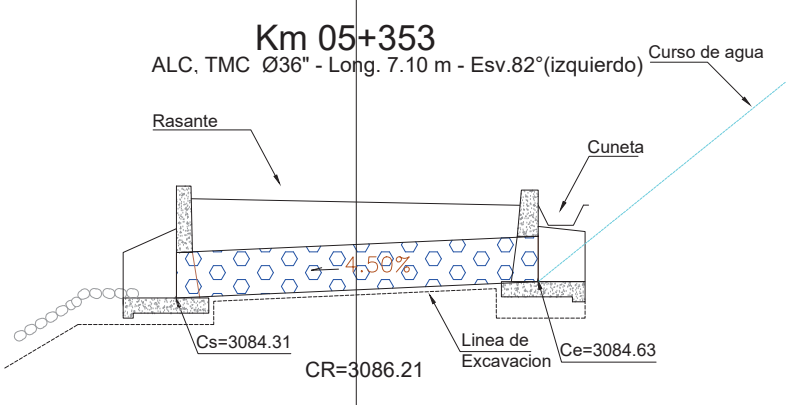
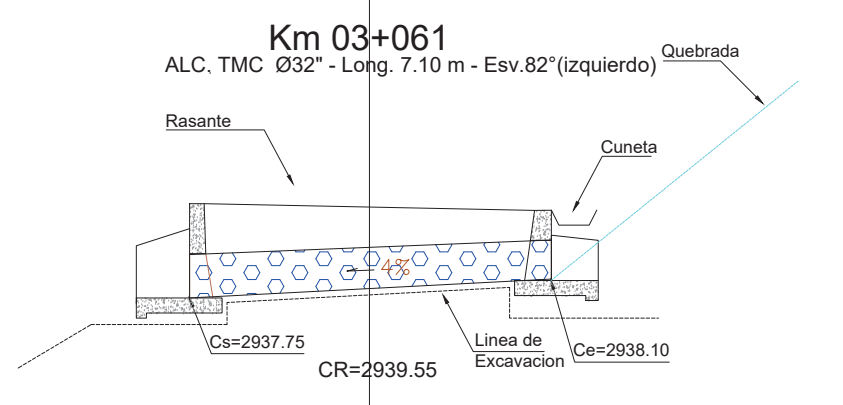
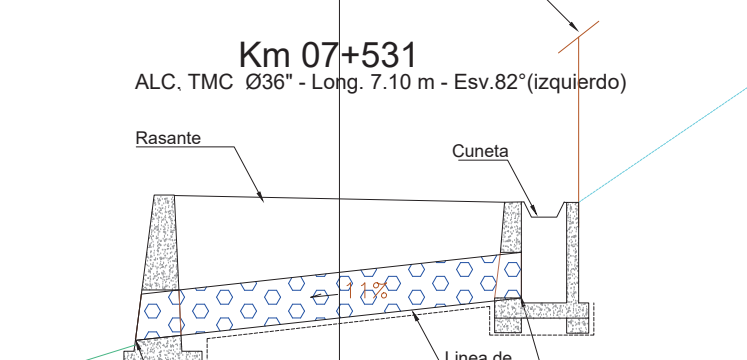
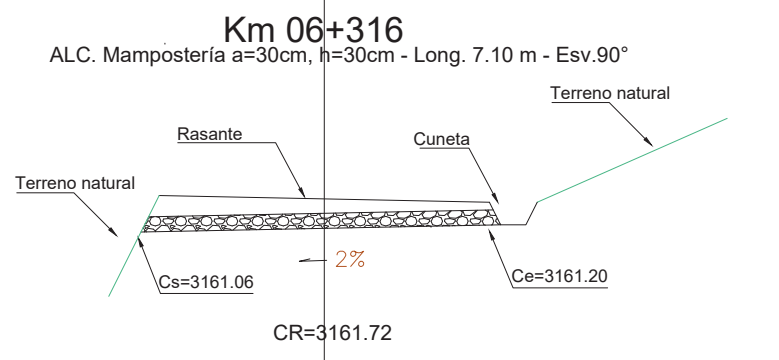
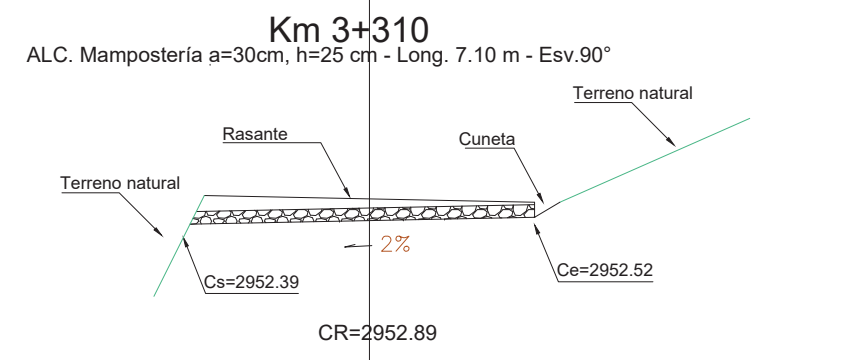
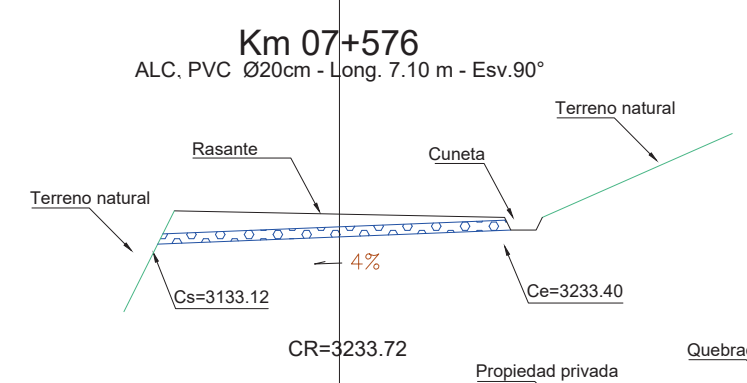
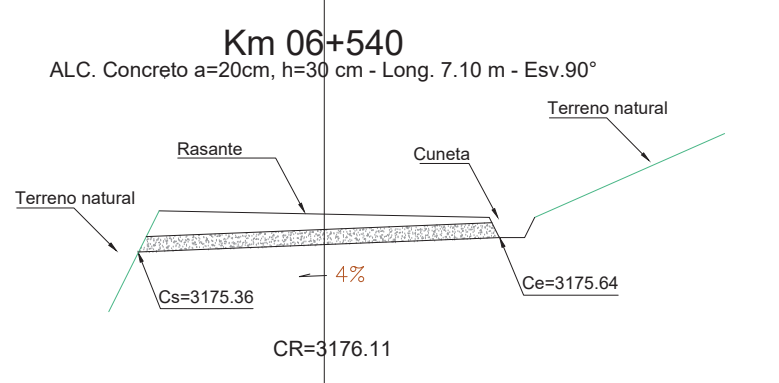
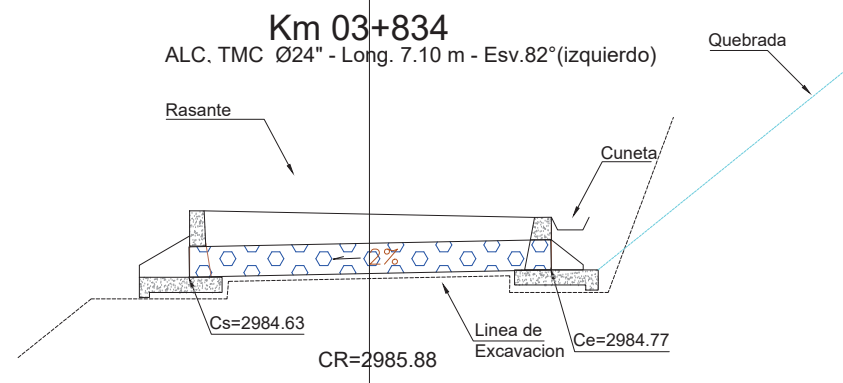
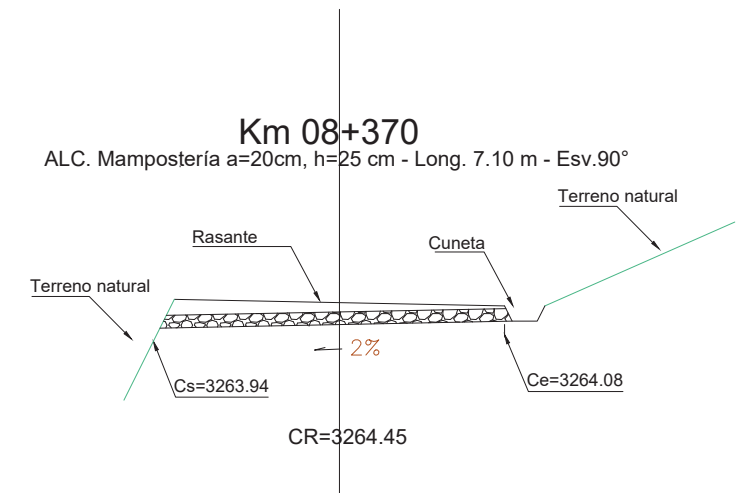
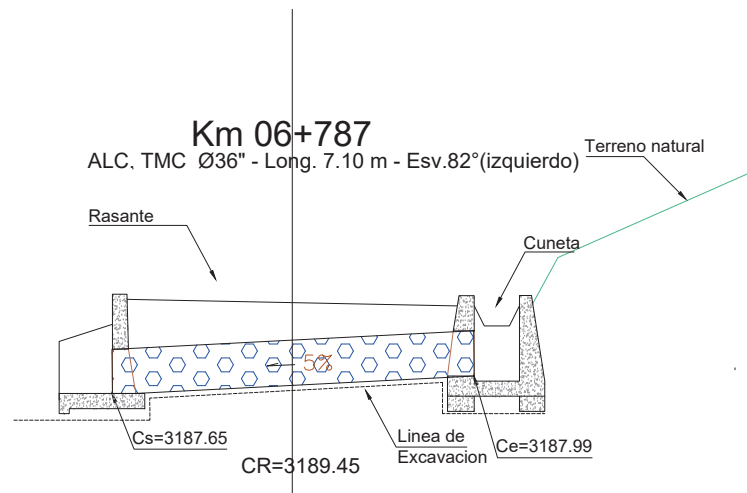
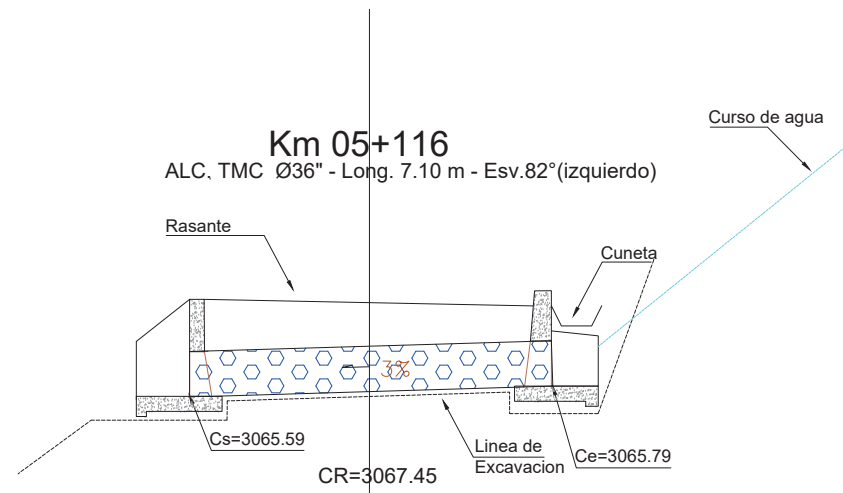
CUADRO DE BMs				
N° PUNTO	DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACION
2199	BM37	768854.46	9211416.61	3313.81
2200	BM38	768859.09	9211420.58	3313.57
2309	BM39	769162.66	9211193.32	3293.70
2310	BM40	769141.82	9211208.72	3299.19

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA							
N°	Δ	Sentido	R	L	T	C	E M
C-90	009°34'44"	Der.	112	18.72	9.38	18.70	0.39
C-91	076°49'42"	Izq.	25	33.52	19.82	31.07	6.91
C-92	111°30'48"	Der.	8	16.15	12.19	13.72	6.45
C-93	033°20'09"	Izq.	45	26.18	13.47	25.81	1.97
C-94	005°09'31"	Izq.	110	9.90	4.96	9.90	0.11
C-95	005°25'24"	Izq.	110	10.41	5.21	10.41	0.12

CUADRO DE PROGRESIVAS Y COORDENADAS				
N°	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C-90	9+038.90	9+057.63	769240.876	9211210.421
C-91	9+085.16	9+118.69	769193.650	9211241.877
C-92	9+143.53	9+159.68	769152.176	9211202.981
C-93	9+216.77	9+242.95	769121.647	9211279.895
C-94	9+296.09	9+305.99	769063.031	9211320.961
C-95	9+361.36	9+371.77	769006.196	9211353.585

LEYENDA PERFIL	
	RASANTE CAMINO VECINAL
	CUNETAS

NOTAS:  
1. LA CUADRÍCULA MOSTRADA CORRESPONDE AL SISTEMA DE COORDENADAS WGS84, ZONA 17S



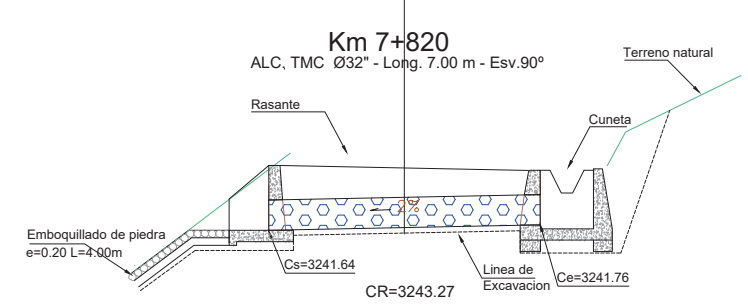
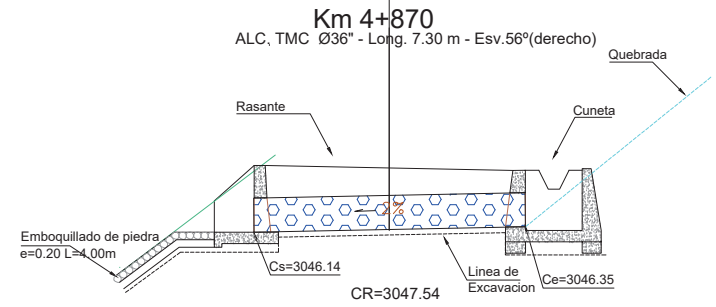
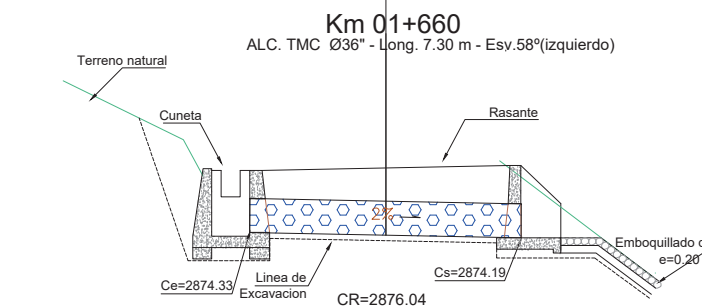
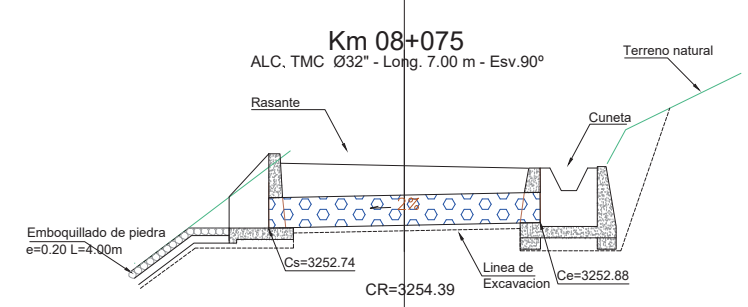
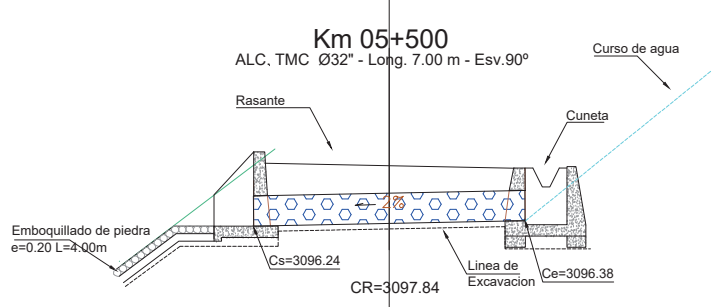
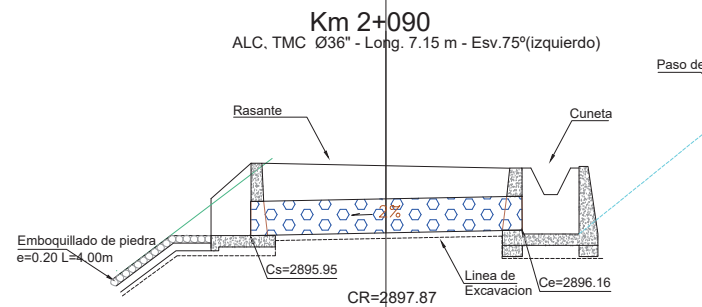
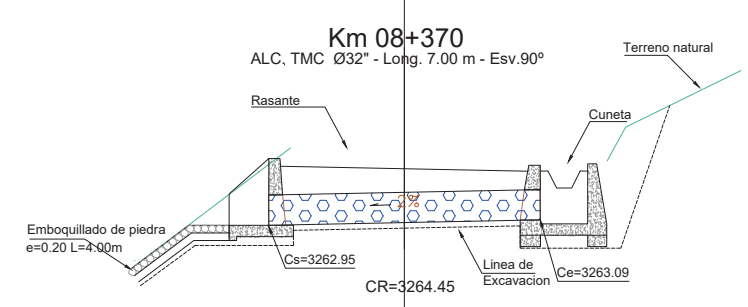
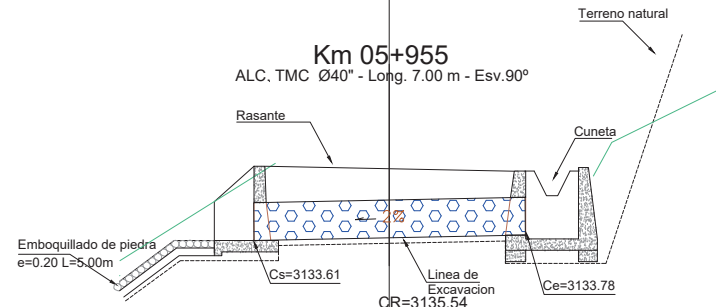
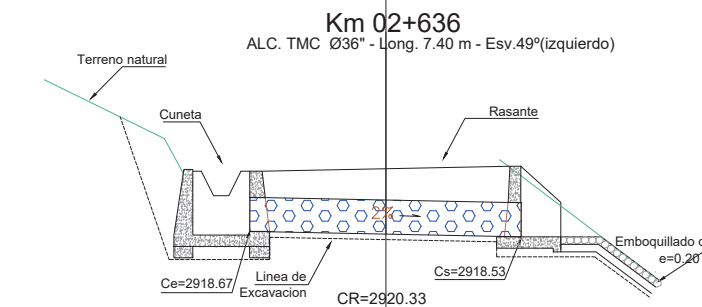
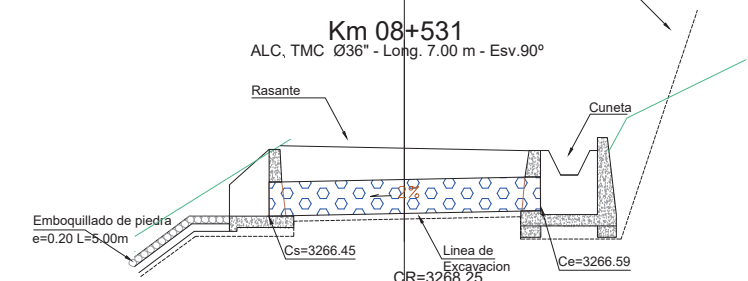
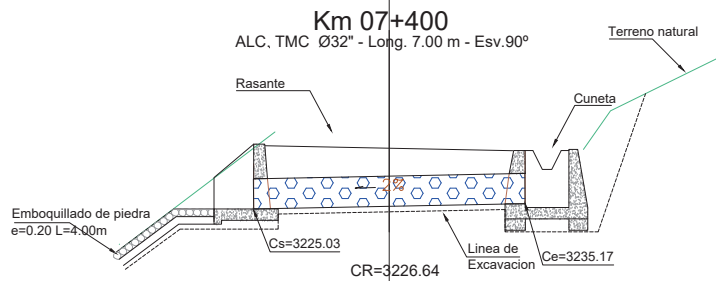
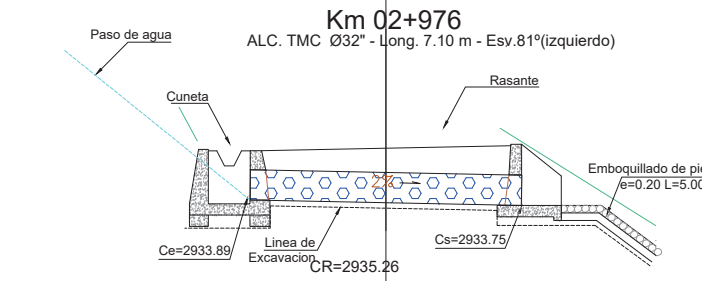
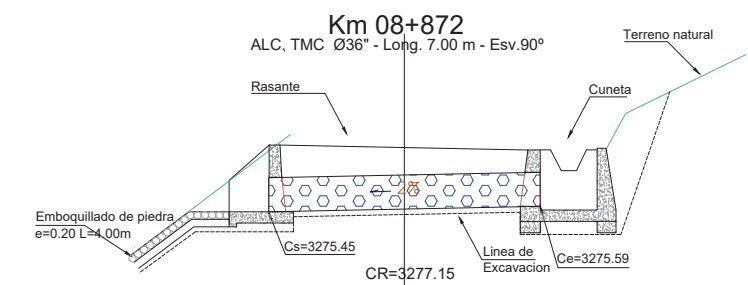
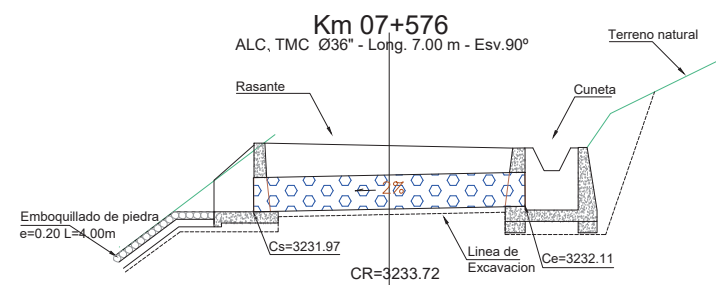
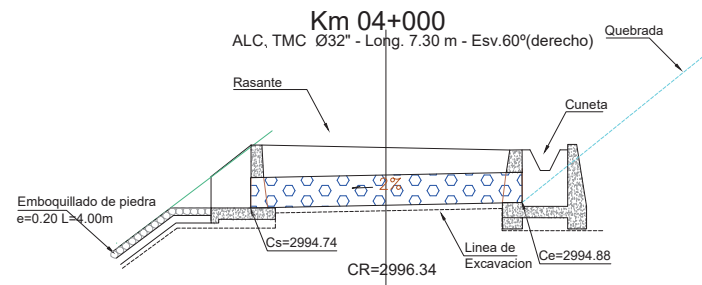
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."

PLANO: PLANO SECCIONES TRANSVERSALES ALCANTARILLAS EXISTENTES			
DISTRITO: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	
ASESOR: ING.HUGO MIRANDA TEJADA	TESISTA: MARIANELA SOFÍA LINARES PÉREZ	ESCALA: 1:150	FECHA: Febrero-2024

LÁMINA:  
**S 01**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
"ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA MEJORAR EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMINO VECINAL CAJAMARCA - C.P. CHAMIS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, CAJAMARCA."

PLANO:			
SECCIONES TRANSVERSALES DE ALCANTARILLAS PROPUESTAS			
DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:	
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	
ASESOR:	TESISTA:	ESCALA:	FECHA:
ING.HUGO MIRANDA TEJADA	MARIANELA SOFÍA LINARES PÉREZ	1:200	Febrero-2024

LÁMINA:

**S 02**

